MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
Liberté
Égalité
Fraternité

Concours externe BAC +3 du CAPES

CAPES-CAFEP

Section sciences de la vie et de la Terre

Ce projet de programme prend appui sur le référentiel de formation des professeurs certifiés de SVT défini par l'arrêté du 20 mai 2026 publié au Bulletin officiel spécial n° 1 du 28 mai 2026 (annexe 15).

Colonne de gauche : attendus à l'entrée en Master défini dans le référentiel

Colonne de droite : capacités, précisions et limites ; les capacités sont celles attendues par l'étudiant candidat se présentant au concours. Les précisions concernent les concepts ou les exemples à privilégier sans qu'ils n'excluent tous les autres savoirs et savoir-faire que le candidat pourrait mettre en œuvre.

Le programme de sciences de la vie comprend les parties 1.1, 1.2 et 1.3.

Le programme de sciences de la Terre comprend les parties 1.4, 1.5 et la partie « *les grands cycles biogéochimiques* » de la partie 1.3.

Ce programme s'applique aux épreuves écrites d'admissibilité et aux épreuves orales d'admission.

ATTENDUS À L'ENTRÉE EN MASTER	CAPACITÉS, PRÉCISIONS ET LIMITES
1.1. S'approprier des savoirs disciplinaires en biochimie, biologie cellulaire et moléculaire pour les enseigner	
Organisation fonctionnelle des molécules du vivant	
• Relier les constituants du vivant et leurs propriétés *- diversité des constituants minéraux et organiques du vivant ; propriétés de la molécule d'eau ; liaisons fortes et faibles* *- méthodes et techniques de caractérisation des constituants du vivant.*	**• Diversité des constituants minéraux et organiques du vivant :** - identifier la nature minérale ou organique d'une molécule - relier la structure de la molécule d'eau à ses propriétés et à ses fonctions biologiques - distinguer les ions minéraux sous forme dissoute (qui influencent le potentiel hydrique et le potentiel de membrane), sous forme complexée (dans l'hémoglobine et la chlorophylle ou comme cofacteurs de certaines enzymes) et sous forme solide (carbonates ou silice des squelettes et des tests, phosphate de calcium des os) - identifier l'appartenance d'une molécule à l'une des grandes familles de molécules du vivant - relier la structure d'une molécule biologique à ses propriétés (hydrophilie, ionisation), à sa réactivité et à ses fonctions biologiques **• Liaisons fortes et faibles :** - identifier les liaisons possibles au sein d'une molécule et entre molécules, selon les fonctions chimiques qu'elles portent (liaison covalente, liaison hydrogène, interaction ionique, interaction de Van der Waals) **• Méthodes et techniques de caractérisation des constituants du vivant :** - utiliser un colorant pour mettre en évidence des molécules (spécificité et protocole fournis) ; ex. : liqueur de Fehling, eau iodée / lugol, carmino-vert de Mirande, vert de méthyle-pyronine…

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- obtenir (protocole fourni) et/ou exploiter des résultats issus de techniques de biologie moléculaire (ex. électrophorèses, *blot,* chromatographies, mesures de spectrophotométrie…) - exploiter des données de modélisation moléculaire
• Caractériser les grandes familles de molécules du vivant : structure, propriétés, fonctions *- lipides ; oses, diosides et polyosides, nucléotides et acides nucléiques ; acides aminés et protéines ; vitamines*	**• Lipides :** - représenter et identifier les parties hydrophobes et hydrophiles d'un acide gras, d'un triglycéride, d'un phosphoglycéride et du cholestérol (représentation simplifiée) ; relier les propriétés de ces molécules à leur fonction - reconnaître le caractère saturé ou insaturé d'un acide gras - relier les structures des lipides à la diversité de leurs fonctions ; pour les lipides membranaires, seuls les phospholipides, le cholestérol et les glycolipides sont exigibles ; pour les stéroïdes, seules les hormones sexuelles (testostérone, oestrogènes et progestérone) sont exigibles **• Oses, diosides et polyosides :** - catégoriser les oses en fonction de leur structure (nombre de carbones, type de groupement carbonyle, éventuelle cyclisation) - représenter le glucose, le ribose, le saccharose, l'amylose / l'amylopectine / le glycogène et la cellulose - relier la structure du saccharose et de quelques polyosides (amidon/glycogène, cellulose, pectines, GAG) à leurs propriétés et à leur fonction **• Nucléotides et acides nucléiques :** - représenter un nucléotide (ex. ATP) et expliquer en quoi son hydrolyse est exergonique ; *les structures des bases azotées puriques et pyrimidiques ne sont pas exigibles* - représenter la structure primaire d'un acide nucléique et la structure tridimensionnelle schématique de l'ADN-B et d'un ARNt ; relier les propriétés de ces molécules à leur fonction - identifier les dérivés de nucléotides (AMPc, NAD^+, FAD et coenzyme A) et connaître leur fonction **• Acides aminés et protéines :** - représenter un acide aminé et une liaison peptidique - identifier les propriétés des radicaux des acides aminés ; *les formules des radicaux des acides aminés ne sont pas exigibles* - présenter les différents niveaux de structures d'une protéine et la diversité des interactions entre radicaux ; pour les structures secondaires, seuls l'hélice α et le feuillet β sont exigibles - interpréter un profil d'hydropathie - présenter les différents types de localisation des protéines membranaires - présenter les différentes causes des changements de conformation des protéines (pH, température, glycosylation, phosphorylation, fixation d'un ligand) ; *le détail des radicaux glycosylés ou phosphorylés n'est pas exigible* **• Vitamines :** - expliquer les fonctions des vitamines A et C

© www.devenirenseignant.gouv.fr

Cellule et environnement cellulaire	
• Décrire l'organisation fonctionnelle des cellules *- cellules procaryotes et eucaryotes ; flux cellulaires ; diversité et complémentarité des compartiments cellulaires ; structure et rôle des filaments du cytosquelette ; spécialisation cellulaire ; polarité cellulaire.* *- méthodes et techniques d'observation des cellules et de leurs ultrastructures à différentes échelles*	**• Organisation et flux cellulaires :** - comparer l'organisation d'une cellule procaryote et d'une cellule eucaryote - comparer l'organisation d'une cellule animale, d'une cellule végétale (chlorophyllienne ou non) et d'une cellule de champignon - argumenter l'existence de trois types de flux (matière, énergie et information) dans une cellule - identifier la polarité d'une cellule et ses conséquences fonctionnelles - expliquer la différence notionnelle entre cellule différenciée et cellule spécialisée **• Compartimentation cellulaire :** - définir un compartiment - illustrer la diversité structurale et fonctionnelle des organites (noyau, REL, REG, appareil de Golgi, vésicules, lysosome, vacuole, mitochondrie, chloroplaste, amyloplaste, chromoplaste) - discuter des intérêts et des contraintes de la compartimentation cellulaire - illustrer la coopération fonctionnelle entre les compartiments **• Cytosquelette :** - caractériser les 3 catégories de cytosquelette eucaryote (microfilaments d'actine, microtubules et filaments intermédiaires) ; *la structure des homologues bactériens n'est pas exigible* - décrire les fonctions statiques et dynamiques du cytosquelette **• Méthodes et techniques d'observation des cellules :** - réaliser une préparation microscopique avec coloration (protocole fourni) : ex. Gram, carmino-vert de Mirande… - utiliser le microscope optique - expliquer le principe de fonctionnement du microscope à épifluorescence, du MET et du MEB, de la cryofracture ; *le détail du traitement des échantillons pour l'observation microscopique n'est pas exigible ; le principe de la microscopie confocale n'est pas exigible* - reconnaître membrane, microvillosité, cil / flagelle, microtubule, centrosome / centrioles, jonctions intercellulaires (voir infra), organites (voir supra), nucléole, eu/hétérochromatine - évaluer les dimensions d'une structure observée
• Mettre en relation les caractéristiques des membranes biologiques et leur rôle dans les échanges membranaires *- structure, propriétés et rôles des membranes biologiques ; fluidité membranaire ; diversité et rôles des protéines membranaires ; perméabilité et échanges membranaires ; cytoses.*	**• Structure, propriétés et rôles des membranes biologiques :** - relier l'organisation et les propriétés des membranes biologiques aux caractéristiques des molécules qui les constituent **• Fluidité membranaire et cytoses :** - définir la fluidité membranaire - relier la fluidité membranaire à la composition de la membrane ; *les radeaux membranaires ne sont pas exigibles* - relier la fluidité membranaire aux fonctions de la membrane plasmique et des endomembranes - présenter l'implication de protéines (dont le cytosquelette) dans les flux membranaires ; pour les mécanismes d'endo et d'exocytose, seules les v-SNARE, t-SNARE et les clathrines sont exigibles

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	• **Perméabilité et échanges membranaires :** - définir la perméabilité membranaire - relier la perméabilité membranaire à la composition de la membrane - relier les échanges membranaires aux lois de la thermodynamique - relier les échanges membranaires à leur fonction biologique - exploiter les notions de potentiels chimique et électrochimique pour déterminer le caractère spontané ou non d'un échange - exploiter la notion de potentiel hydrique pour déterminer le sens d'un flux d'eau - exploiter la loi de Fick pour expliquer les caractéristiques cinétiques de certains échanges transmembranaires - définir la notion de potentiel d'équilibre d'un ion et exploiter la relation de Nernst pour le déterminer - relier les potentiels d'équilibre des ions et les flux ioniques transmembranaires à l'existence d'un potentiel de membrane - relier les caractéristiques des protéines membranaires à leur fonction dans les échanges ; exemples suggérés : canal de fuite à K^+, aquaporine, transporteur GLUT, pompe Na^+/K^+ ATPase, symporteur SGLT… • **Diversité et rôles des protéines membranaires :** - illustrer la diversité des rôles des protéines membranaires (structure, échanges et communication)
• Caractériser l'organisation des cellules au sein d'un organisme *- jonctions intercellulaires ; matrices extracellulaires ; interactions protéines-membranaires-matrice ; modalités de communications intercellulaires (signaux bioélectriques et chimiques) ; récepteurs membranaires ; transduction intracellulaire des messagers chimiques*	• **Jonctions intercellulaires et cellule-matrice :** - caractériser les différents types de jonctions cellule-cellule ou cellule-matrice (jonction serrée, jonction adhérente, desmosome, hémidesmosome, jonction communicante, plasmodesmes) et relier leur structure à leur fonction • **Matrices extra-cellulaires :** - schématiser l'organisation moléculaire en réseau de matrices extracellulaires : celle d'un tissu conjonctif, celle d'un tissu épithélial (lame basale), la lamelle moyenne et les parois primaire et secondaire des cellules des Angiospermes - relier les propriétés mécaniques des matrices extracellulaires aux propriétés des molécules qui les constituent - expliquer le principe de rigidification d'une matrice par imprégnation de lignine ou de substance minérale (tests, coquilles, os) - distinguer les bactéries selon leur paroi (Gram + et Gram -) ; *l'architecture des parois bactériennes et la structure des peptidoglycanes ne sont pas exigibles* - expliquer comment une cellule produit les constituants de sa matrice extra-cellulaire ; seules les synthèses de la cellulose et du collagène sont exigibles • **Modalités de communications intercellulaires :** - comparer les modalités de communication intercellulaire : nature du message, codage du message, voie de transfert de l'information, vitesse de transfert et de décodage - décrire une communication intercellulaire moléculaire chez les végétaux (exemples suggérés : auxine, gibbérellines) • **Mécanismes des communications intercellulaires nerveuses :** - définir les notions de potentiels de repos, de potentiel d'action et de cellule excitable

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- décrire les différentes phases d'un potentiel d'action (exemples suggérés : potentiel d'action neuronal, potentiel d'action des cellules du nœud sinusal) - exploiter des résultats expérimentaux sur les mécanismes du potentiel d'action et ses propriétés - relier les variations de potentiel membranaire aux variations de conductance provoquées par les canaux ioniques voltage-dépendants - analyser des enregistrements de patch-clamp pour argumenter un modèle moléculaire de fonctionnement d'un canal voltage-dépendant - expliquer la propagation unidirectionnelle d'un potentiel d'action le long d'un axone et la propagation saltatoire le long d'un axone myélinisé - expliquer la transmission de l'information dans le fonctionnement d'une synapse chimique : nature du message, codage du message et extinction du signal, intégration synaptique (PPSE et PPSI) ; exemple suggéré : synapse neuromusculaire **• Mécanismes des communications intercellulaires hormonales et paracrines :** - expliquer ce qu'est une hormone et ses modes d'action possibles selon sa nature moléculaire et les modalités de sa réception - à l'aide d'un exemple, illustrer le principe de la communication paracrine (ex. suggérés : FGF et autres signaux inducteurs intervenant dans le contrôle du développement embryonnaire des Vertébrés, monoxyde d'azote intervenant dans la vasomotricité) - définir et illustrer le concept de perturbateur endocrinien **• La réception et la transduction des messages chimiques :** - à l'aide d'un exemple, expliquer ce qu'est un récepteur, décrire les étapes de l'éventuelle transduction du signal et expliquer l'amplification de la réponse intracellulaire - illustrer la diversité des récepteurs des messagers chimiques : les récepteurs intracellulaires (ex. suggéré : récepteurs des hormones stéroïdes) et les récepteurs membranaires ; parmi ces derniers, les récepteurs-canaux (ex. suggéré : récepteur nicotinique à l'acétylcholine), les récepteurs couplés à une protéine G (ex. suggéré : récepteur β-adrénergique) - illustrer la diversité des voies de transduction et/ou de réponses possibles pour un même messager chimique - illustrer la notion de second messager (ex. suggérés : AMPc, DAG, IP3, Ca^{2+}…) - illustrer à l'aide d'un exemple un mécanisme de dégradation d'un messager chimique et son importance physiologique
Le métabolisme cellulaire	
• Caractériser la diversité des sources de matière et expliquer les processus de transferts d'énergie *- autotrophie – hétérotrophie ; notions de bases de thermodynamique appliquées aux conversions et couplages énergétiques ; modalités de production de pouvoir réducteur et d'ATP ; mécanismes cellulaires et*	**• Autotrophie – hétérotrophie ; approvisionnement en matière organique par les cellules :** - distinguer l'approvisionnement en matière organique par prélèvement direct dans l'environnement par les cellules hétérotrophes et par prélèvement puis réduction de matière minérale par les cellules autotrophes - présenter différents modes de prélèvement de matière organique dans l'environnement par les cellules hétérotrophes : plasmodesmes, transporteurs membranaires, absorbotrophie, phagotrophie… - relier l'hétérotrophie des cellules au transport de molécules organiques par un fluide circulant au sein de certains organismes pluricellulaires

© www.devenirenseignant.gouv.fr

moléculaires de la photosynthèse oxygénique ; principe des métabolismes chimiolithotrophes ; organisation fonctionnelle des mitochondrie et chloroplaste ; approvisionnement en matière organique par les cellules	*- les mécanismes de l'autotrophie à l'azote ne sont pas exigibles* **• Notions de bases de thermodynamique :** - expliquer la spontanéité ou non d'un processus ou d'une réaction à l'aide des notions de ΔrG°', de ΔrG' et de potentiel d'oxydo-réduction - manipuler des valeurs de potentiels d'oxydo-réduction - distinguer les conditions standards chimiques et biologiques des réactions - distinguer et identifier un couplage énergétique et une conversion énergétique **• Modalités de production de pouvoir réducteur et d'ATP :** - expliquer les notions de pouvoir réducteur et de coenzyme d'oxydo-réduction et citer des molécules ayant un pouvoir réducteur (NADH, NADPH, $FADH_2$) - expliquer le contexte (anabolisme/ catabolisme) de production de pouvoir réducteur par les différentes voies, à partir de leur localisation cellulaire et de leur bilan général ; voies exigibles : glycolyse, décarboxylation oxydative du pyruvate, β-oxydation des acides gras, cycle de Krebs, chaîne photosynthétique (seule celle des Chlorobiontes est exigible), chaîne chimiosynthétique (à partir d'un seul exemple) - indiquer l'ordre de grandeur de l'enthalpie libre de réaction de la synthèse d'ATP dans les conditions standards biologiques - expliquer les différents modes de couplage ou de conversion énergétique permettant la synthèse d'ATP dans les différentes voies métaboliques : transphosphorylations (glycolyse, cycle de Krebs), ATP synthases (mitochondries, chloroplastes, membranes plasmiques bactériennes) - relier la structure d'une ATP synthase à sa fonction - définir la photolithotrophie, la chimiolithotrophie et la chimioorganotrophie **• Mécanismes cellulaires et moléculaires de la photosynthèse oxygénique :** - présenter le bilan de matière et d'énergie de la chaîne photosynthétique ; seule la chaîne photosynthétique du plaste des Chlorobiontes est exigible ; *les constituants des chaînes de transport d'électrons autres que les photosystèmes et le fonctionnement des translocateurs de protons ne sont pas exigibles* - expliquer le principe de la conversion photochimique réalisé par les photosystèmes ; seuls les pigments photosynthétiques des Chlorobiontes sont exigibles ; *la structure détaillée des photosystèmes n'est pas exigible* - exploiter des données mettant en évidence les principales étapes du cycle de Calvin-Benson et présenter le bilan de matière et d'énergie du cycle de Calvin-Benson ; *les différentes molécules du cycle de Calvin-Benson ne sont pas exigibles* - exploiter des données permettant d'établir l'existence d'une photorespiration et présenter la double activité de la RubisCO ; *la photosynthèse en C4-C3, le métabolisme CAM et les différentes étapes de la photorespiration ne sont pas exigibles* - comparer les bilans des métabolismes : C3 et photorespiration / C4 / CAM afin de relier l'étude du métabolisme à l'échelle moléculaire aux contraintes du milieu de vie des plantes **• Principe des métabolismes chimiotrophes :** - à l'aide d'un seul exemple, présenter le bilan de matière et d'énergie d'une chaîne chimiosynthétique ; *la liste des transporteurs d'électrons et le*

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	fonctionnement des translocateurs de protons de la chaîne chimiosynthétique ne sont pas exigibles **• Organisation fonctionnelle des mitochondrie et chloroplaste :** - présenter l'importance de l'organisation fonctionnelle des membranes dans la fonction de ces organites - présenter le bilan de matière et d'énergie de la chaîne respiratoire et de la chaîne photosynthétique ; *les constituants des chaînes de transport d'électrons et le fonctionnement des translocateurs de protons ne sont pas exigibles* - comparer l'organisation fonctionnelle des chaînes membranaires de transport d'électrons des mitochondries, des chloroplastes et des membranes plasmiques bactériennes - relier l'organisation de ces organites à la théorie endosymbiotique
• Décrire le devenir de la matière organique *- modalités de biosynthèse, de stockage, et d'exportation de la matière organique ; voies cataboliques régénératrices d'ATP (localisation, bilan de matière et d'énergie) ; interconnexions entre voies métaboliques et molécules carrefour* *- caractérisation des réserves cellulaires ; identification de métabolismes*	**• Anabolisme :** - indiquer la localisation cellulaire de la synthèse des principales biomolécules (phospholipides membranaires, protéines, acides nucléiques, glycogène ou amidon, cellulose) et présenter les éventuelles voies d'acheminement de ces molécules vers leur localisation fonctionnelle (intra ou extracellulaire) **• Catabolisme :** - localiser dans la cellule et présenter les bilans de matière et d'énergie de la glycolyse, des fermentations, de la β-oxydation des acides gras et du cycle de Krebs ; seules les fermentations alcoolique et lactique sont exigibles - présenter les différentes étapes de la glycolyse - présenter le bilan de matière et d'énergie de la chaîne respiratoire mitochondriale ; *les constituants des chaînes de transport d'électrons et le fonctionnement des translocateurs de protons ne sont pas exigibles* - comparer le bilan énergétique de l'oxydation complète d'un glucose et d'un acide gras d'une part ; de l'oxydation complète et de l'oxydation incomplète d'un glucose d'autre part - à l'aide d'un exemple, expliquer que le catabolisme des acides aminés et des nucléotides entraîne la formation de déchets azotés ; *le détail des voies cataboliques des acides aminés et des nucléotides n'est pas exigible* - à l'aide d'un exemple, expliquer le contrôle du catabolisme (ex. suggéré : le contrôle de la PFK1) **• Interconnexions entre voies métaboliques :** - à l'aide d'un exemple, expliquer la notion de carrefour métabolique (ex. possibles : pyruvate, acétyl-CoA…) - présenter un exemple d'interconversion entre familles de molécules **• Caractérisation des réserves cellulaires :** - réaliser des colorations de tissus afin d'identifier différentes réserves cellulaires au microscope optique **• Identification de métabolismes :** - mettre en œuvre des expériences permettant d'identifier les réactions du métabolisme énergétique cellulaire - relier certains métabolismes (réactions et produits) aux processus de transformation alimentaires (ex. suggérés : fermentation alcoolique, fermentation lactique)

© www.devenirenseignant.gouv.fr

• Caractériser les spécificités structures-fonctions des enzymes allostériques et michaeliennes dans la catalyse des réactions : *- cinétique enzymatique et paramètres associés ; comportement michaelien ou allostérique ; relations structure-activité enzymatique ; facteurs physiques et chimiques de modulation de l'activité enzymatique.* *- méthodes et technique d'étude de l'activité enzymatique.*	**• Cinétiques enzymatiques et paramètres associés :** - distinguer une cinétique michaelienne et une cinétique allostérique - comparer les principales caractéristiques structurales et fonctionnelles des enzymes michaeliennes et des enzymes allostériques (à comportement coopératif) - expliquer les paramètres Vmax et K_M / $K_{0,5}$ **• Relations structure – activité enzymatique :** - expliquer la notion de biocatalyseur et relier la structure des enzymes à leur fonction - expliquer la notion de site actif et relier la structure tridimensionnelle d'une enzyme à sa spécificité de substrat et de réaction ; *aucun mécanisme catalytique n'est exigible* - à l'aide d'un exemple, argumenter le rôle d'agent de couplage de certaines enzymes **• Facteurs de modulation de l'activité enzymatique** : - présenter la diversité des modes de contrôle de l'activité des enzymes et les conséquences de cette diversité : la quantité d'enzymes, les conditions physico-chimiques (pH, température), leur phosphorylation / déphosphorylation, la fixation d'effecteurs, leur inhibition par excès de substrat - comparer les effets des inhibiteurs compétitif et non compétitif sur les paramètres cinétiques d'une enzyme michaelienne **• Méthodes et techniques d'étude de l'activité enzymatique :** - réaliser et exploiter le suivi expérimental d'une réaction enzymatique, déterminer des vitesses initiales, construire une cinétique enzymatique et sa linéarisation en double inverse - déterminer graphiquement les paramètres Vmax et K_M / $K_{0,5}$ - exploiter des résultats de modélisation moléculaire et de mutagenèse dirigée pour expliquer un mécanisme catalytique
Génomique structurale et fonctionnelle	
• Décrire l'organisation des génomes *- ADN, support moléculaire de l'information génétique ; organisation structurale et fonctionnelle du génome des bactéries, des Eucaryotes et des virus* *- techniques d'analyse, de manipulation et d'exploitation des acides nucléiques et des protéines*	**• ADN, support de l'information génétique :** - expliquer l'adaptation structure-fonction de l'ADN - expliquer la notion d'information génétique - discuter la notion de gène **• Organisation structurale et fonctionnelle des génomes :** - comparer la localisation, la nature moléculaire, la taille et la proportion de séquences codantes et non codantes des génomes bactériens, eucaryotes et viraux ; pour les virus, seule une vue générale de la diversité de la nature moléculaire de leur génome est exigible - décrire la diversité des rôles des séquences non codantes des génomes eucaryotes ; *les mécanismes associés aux séquences transposables ne sont pas exigibles ; la structure des télomères et des centromères n'est pas exigible* - comparer la structure des gènes bactériens et eucaryotes ; un exemple d'opéron bactérien est attendu

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- expliquer la notion de chromosome ; comparer les chromosomes bactériens et les chromosomes eucaryotes ; *les protéines structurales des chromosomes bactériens ne sont pas exigibles* - représenter un chromosome mitotique (métaphasique) eucaryote - définir et analyser un caryotype **• Techniques d'étude des acides nucléiques et des protéines :** - expliquer le principe du séquençage de l'ADN - expliquer le principe et exploiter des résultats issus de techniques de biologie moléculaire (ex. électrophorèses, *blot*, hybridation *in situ*, PCR, RT-PCR…) **• Techniques de manipulation des génomes :** - expliquer le principe des enzymes de restriction, des plasmides recombinés, de CRISPR-Cas9, de la mutagenèse (dirigée ou non), des transgenèses et du criblage des mutants ; *les mécanismes de la recombinaison homologue et du fonctionnement de CRISPR-Cas9 ne sont pas exigibles*
• Expliquer les processus à l'origine de la transmission et l'expression de l'information génétique *- réplication semi-conservative ; enzymes et facteurs de la réplication ; cycle cellulaire et points de contrôle ; mitose et méiose* *- transcriptome – protéome ; transcription ; maturation des transcrits ; traduction ; modifications post-traductionnelles ; diversité des ARN ; modalités de contrôle de l'expression génétique ; lien génotype – phénotype – environnement*	**• Réplication :** - expliquer le principe de fonctionnement d'une ADN polymérase (nécessité d'une amorce, complémentarité des bases azotées, sens de polymérisation) et mentionner la nécessité de l'élimination et du remplacement des amorces ; *la diversité des ADN polymérases n'est pas exigible* ; *les protéines intervenant dans la réplication autres que les hélicases et l'ADN polymérase ne sont pas exigibles* - argumenter le caractère semi-conservatif de la réplication à partir du mécanisme de fonctionnement d'une fourche de réplication - discuter de la fidélité de la réplication ; *aucun détail des mécanismes de correction des erreurs des ADN polymérases n'est exigible* **• Cycle cellulaire :** - définir le cycle cellulaire et caractériser ses différentes phases - estimer l'ordre de grandeur de la durée d'un cycle cellulaire et de ses différentes phases à partir de résultats expérimentaux - décrire l'état de condensation des chromosomes au cours du cycle cellulaire - interpréter des résultats mettant en évidence un point de contrôle du cycle cellulaire ; *aucun mécanisme moléculaire des points de contrôle n'est exigible* - expliquer l'importance de l'existence de points de contrôle à différentes étapes du cycle, en particulier en relation avec les cancers **• Mitose :** - identifier les différentes phases de la mitose sur des observations microscopiques - décrire les différentes phases de la mitose et les événements cytologiques et chromosomiques associés ; seuls les mécanismes de base (kinétochores, fuseau de division) sont exigibles ; *des molécules comme les cohésines et les séparases ne sont pas exigibles* - expliquer comment le fonctionnement du fuseau de division permet l'égale répartition de l'information génétique donc le caractère conforme de la mitose - décrire le processus de cytodiérèse chez les Métazoaires et les Embryophytes - distinguer division nucléaire et division cellulaire **• Méiose :**

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- identifier les différentes phases de la méiose sur des observations microscopiques - décrire les deux divisions de la méiose et les événements cytologiques et chromosomiques associés - expliquer comment les fonctionnements des fuseaux de divisions permettent la formation de quatre cellules filles haploïdes à partir d'une cellule-mère diploïde - décrire les différentes étapes de la prophase I (mise en place du complexe synaptonémal et des nodules de recombinaison, crossing-over) ; *la résolution de la jonction de Holliday n'est pas exigible* - expliquer les conséquences de la méiose pour deux gènes situés sur la même paire de chromosomes ou pour deux gènes situés sur deux paires de chromosomes différentes • **Transcription :** - expliquer le principe de fonctionnement d'une ARN polymérase (complémentarité des bases azotées, sens de polymérisation) - comparer la diversité des ARN polymérases chez les Bactéries et chez les Eucaryotes - mettre en relation les caractéristiques des molécules réalisant la transcription avec la structure d'un gène (ex. conseillé : la synthèse des ARNprém chez les Eucaryotes) ; *la nomenclature des facteurs protéiques du complexe d'initiation et l'organisation détaillée du promoteur ne sont pas exigibles* - présenter un cycle viral afin de montrer le détournement de la machinerie cellulaire de l'expression génétique (ex. suggérés : VMT, phage lambda, VIH, SARS-CoV-2, virus de la grippe) • **Maturation des transcrits :** - relier les différentes étapes la maturation des ARNprém (en 5', en 3' ainsi que l'épissage) à la compartimentation de l'information génétique dans les cellules eucaryotes ; *les détails moléculaires des différents mécanismes de maturation et d'exportation hors du noyau ne sont pas exigibles ; l'édition n'est pas exigible* - expliquer l'importance de la maturation des ARNm (en 5' et 3') dans la demi-vie des transcrits - expliquer l'importance de la maturation dans la diversification des ARNm, par l'épissage alternatif ; *le détail moléculaire de l'épissage alternatif n'est pas exigible* • **Traduction, adressage et modifications post-traductionnelles :** - expliquer l'importance des interactions entre les différents types d'ARN au cours des différentes étapes de la traduction ; *les facteurs protéiques intervenant dans la traduction ne sont pas exigibles* - relier la structure du ribosome à ses fonctions au cours de la synthèse d'une chaîne polypeptidique - distinguer code génétique et information génétique ; utiliser un tableau du code génétique - expliquer le principe de l'assistance au repliement des polypeptides et les modalités de l'adressage des protéines en lien avec leur localisation fonctionnelle ; seuls les mécanismes simplifiés d'adressage d'un polypeptide au réticulum ou à un organite semi-autonome sont exigibles

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- décrire les modifications post-traductionnelles d'une protéine ; seule la glycosylation, la phosphorylation et le clivage sont exigibles ; *le détail des radicaux glycosylés ou phosphorylés n'est pas exigible* • **Diversité des ARN :** - relier la diversité de la structure des ARN à leur fonction ; seuls les ARNprém, ARNm, ARNr, ARNt et ARNi sont exigibles, *sans détails moléculaires pour les ARNi* • **Contrôle de l'expression génétique :** - expliquer les modalités du contrôle de l'initiation de la transcription chez les Bactéries (ex. d'un opéron) et chez les Eucaryotes (facteurs de transcription, condensation de la chromatine, méthylation des îlots CpG) ; *le détail du « code histone » n'est pas exigible* - présenter les différents niveaux de compaction de la chromatine interphasique chez les Eucaryotes - expliquer les modalités du contrôle de la traduction chez les Eucaryotes (ex. suggéré : grandes étapes du mécanisme de l'interférence ARN) - comparer les différentes modalités de contrôle de l'expression génétique en termes d'échelle de temps • **Lien génotype – phénotype – environnement :** - expliquer les notions de transcriptome et de protéome - relier le contrôle de l'expression génétique à la différenciation et la spécialisation cellulaire (ex. suggéré : les facteurs myogéniques) - relier les différents mécanismes de contrôle de l'expression génétique à des facteurs environnementaux (ex. suggérés : contrôle de l'opéron lactose d'*E. coli*, contrôle du gène *FLC* d'*A. thaliana*) - expliquer le phénotype de l'organisme à l'échelle moléculaire - expliquer la notion de contrôle épigénétique ; *les mécanismes de la transmission de l'épigénome ne sont pas exigibles*
• Expliquer les processus à l'origine de la diversification des génomes *- diversité des lésions, systèmes de réparation et mutations ; analyse de croisements et brassages des génomes ; transferts génétiques horizontaux*	• **Diversité des lésions et systèmes de réparation :** - expliquer comment la réplication intervient dans l'apparition de modifications de la séquence d'ADN - à l'aide d'un exemple, expliquer comment des altérations ponctuelles de l'ADN permettent l'apparition de modifications de la séquence d'ADN - décrire un mécanisme de réparation de l'ADN - comparer lésions spontanées et lésions induites : origines, taux, processus • **Mutations :** - distinguer lésion et mutation - comprendre le caractère aléatoire d'une mutation - relier les différents types de mutations ponctuelles de la séquence nucléotidique à leurs conséquences sur la structure et la fonction du polypeptide codé - comparer des séquences nucléotidiques ou peptidiques pour identifier des mutations - analyser un caryotype et repérer les anomalies de structure ou de nombre des chromosomes - identifier le caractère transmissible ou non d'une mutation

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- expliquer les facteurs à l'origine de l'apparition des cancers (génétiques, environnementaux) • **Analyse de croisements et brassages des génomes :** - analyser des résultats de monohybridisme en termes de dominance / récessivité / codominance des allèles - argumenter les processus de brassages alléliques en s'appuyant sur les résultats de dihybridisme chez des organismes haploïdes (ex. *Sordaria*) ou diploïdes - identifier un croisement test et en analyser les résultats en termes d'indépendance ou de liaison des gènes ; calculer une distance entre deux gènes situés sur la même paire de chromosomes ; éprouver la fiabilité statistique des résultats (test du χ^2) - interpréter les écarts aux lois de Mendel par des phénomènes de létalité ou d'épistasie - représenter le brassage intrachromosomique et le brassage interchromosomique au cours de la méiose avec trois gènes situés sur deux paires de chromosomes homologues - décrire des mécanismes anatomiques, temporels et/ou génétiques favorisant la fécondation croisée chez les Angiospermes - comparer les conséquences génétiques de l'autogamie et de l'allogamie • **Transferts génétiques horizontaux :** - exposer au moins un mécanisme de transfert horizontal de gène chez les Bactéries ; *les mécanismes moléculaires de ces transferts ne sont pas exigibles ;* - argumenter l'existence des transferts horizontaux de gènes chez les Eucaryotes - identifier un transfert horizontal de gène par comparaison d'arbres phylogénétiques - relier les modalités de transfert horizontal de gène à leurs applications biotechnologiques
1.2. S'approprier des savoirs disciplinaires sur l'organisation et les grandes fonctions du vivant pour les enseigner	
Organisation morphologique et anatomique d'un être vivant en relation avec les grandes fonctions	
• Mettre en relation structures et grandes fonctions chez quelques êtres vivants *- organisation morphologique et anatomique d'un être vivant (parmi les Métazoaires, Embryophytes, algues, mycètes et unicellulaires) en relation aux grandes fonctions (nutrition, relation, reproduction) ; adaptation au milieu de vie ; notion d'holobionte.*	- présenter l'organisation morphologique et anatomique d'un être vivant et la relier aux grandes fonctions (nutrition, relation, reproduction) : *voir infra pour les organismes dont l'étude peut être privilégiée* - caractériser l'adaptation au milieu de vie à l'aide de différents exemples : *voir infra pour les organismes dont l'étude peut être privilégiée* - Utiliser des critères morphologiques, anatomiques et histologiques pour caractériser la fonction de surfaces d'échange d'une structure biologique donnée - définir la notion d'holobionte et l'illustrer à l'aide d'exemples de relations interspécifiques impliquant des Métazoaires ou des Embryophytes
Fonction de nutrition	

© www.devenirenseignant.gouv.fr

• Mettre en relation la fonction de nutrition et les mode et milieu de vie des Métazoaires *- régimes alimentaires et structures associées à la prise alimentaire, adaptations à la vie fixée, circulation, respiration, excrétion*	**Fonction de nutrition chez les Métazoaires** *Les exemples de cette section seront préférentiellement issus des modèles de Métazoaires au programme.* - identifier les régimes alimentaires (carnivore, herbivore, omnivore, détritivore) et les modes de prise de nourriture en s'appuyant sur des arguments morphologiques et anatomiques (ex. suggérés : denture des Vertébrés, pièces buccales des Insectes, anatomie du tube digestif, rumination) - identifier les adaptations à la vie fixée - comparer les systèmes circulatoires lacunaire et clos - relier la structure et le fonctionnement des surfaces d'échanges respiratoires avec les paramètres de la loi de la diffusion (loi de Fick) et les contraintes du milieu de vie (aquatique, aérien). - relier le mode d'excrétion de l'azote (ammoniotélie, uréotélie) avec les milieux de vie (aquatique, aérien)
• Mettre en relation et expliquer des processus impliqués dans la réalisation de la fonction de nutrition chez l'être humain *- digestion, excrétion, respiration, circulation : organes, cellules, mécanismes cellulaires ; coopération fonctionnelle des différents appareils ; boucles de régulation ; mécanismes d'adaptation physiologiques ; adaptation au milieu aérien.*	**Fonction de nutrition et physiologie humaine** - relier l'organisation anatomique de l'appareil digestif (tube et glandes) avec ses rôles dans la digestion et les mécanismes impliqués - relier les caractéristiques de l'épithélium intestinal avec son rôle dans l'absorption - argumenter le rôle du microbiote intestinal dans la digestion - relier l'organisation de l'appareil excréteur avec la production et l'évacuation d'urine (filtration, réabsorption, sécrétion, stockage, évacuation) *Les mécanismes cellulaires et membranaires impliqués dans la production d'urine ne sont pas exigibles.* - relier l'organisation de l'appareil respiratoire avec son fonctionnement (échanges gazeux, ventilation) - relier l'organisation anatomique et histologique du cœur et des vaisseaux sanguins avec le fonctionnement du système cardio-vasculaire et les paramètres du système circulatoire (vitesse, débit, pression volume sanguins, résistance et compliance vasculaires) - expliquer les mécanismes des échanges capillaires et leur importance pour la nutrition cellulaire et l'homéostasie du milieu intérieur - argumenter la complémentarité et la coopération fonctionnelle des différents appareils et des systèmes de communication - distinguer et illustrer les concepts de régulation (ex. suggérés : pression artérielle, glycémie) et d'adaptation en physiologie (ex. suggéré : exercice physique) - exploiter des résultats expérimentaux pour argumenter une boucle de régulation en physiologie - expliquer les adaptations de la fonction de nutrition lors d'un effort physique
• Mettre en relation et expliquer des processus impliqués dans la réalisation de la fonction de nutrition chez les Embryophytes *- Absorption de l'eau et des minéraux ; circulation des sèves ; échanges gazeux ; corrélations trophiques entre les organes végétaux ; adaptations aux*	**Nutrition chez les Embryophytes** - réaliser, exploiter et représenter des préparations microscopiques d'organe végétatif d'embryophyte (colorées au carmino-vert) - identifier à partir de critères microscopiques différents tissus végétaux : épidermes, parenchymes, xylème (primaire/secondaire), phloème (primaire/secondaire), collenchyme, sclérenchyme, endoderme, suber. - identifier à partir d'analyses morphologiques et/ou histologiques la nature d'un organe d'Angiosperme et son appartenance systématique (monocotylédone/dicotylédone) : racine, tige, feuille et leurs éventuelles

© www.devenirenseignant.gouv.fr

contraintes du milieu ; rythmes saisonniers ; contrôle hormonal.	adaptations (ex. conseillés : sclérophytes, malacophytes, hydrophytes, organes de réserve) - illustrer des associations interspécifiques mutualistes contribuant à la nutrition de la plante : mycorhizes, nodosités - expliquer les mécanismes de transfert de matière (eau, ions, sucres) entre le milieu extérieur et la plante et au sein de la plante : absorption racinaire, chargement du xylème et du phloème, circulation des sèves, transpiration foliaire - expliquer le rôle de la circulation des sèves et de leurs variations temporelles (jour, saison) dans les corrélations trophiques au sein de la plante - expliquer les mécanismes de fonctionnement des stomates et présenter des facteurs externes et internes de contrôle (ex. suggérés : lumière, CO_2, acide abscissique)
Fonction de relation	
• Perception de l'environnement et locomotion chez les Métazoaires *- Organisation des systèmes nerveux des Métazoaires ; message nerveux (échelle cellulaire et moléculaire) ; transmission synaptique ;* *- perception sensorielle ; réalisation d'un mouvement réflexe et d'un mouvement volontaire ; modes de locomotions chez les Métazoaires ; notions d'exo et d'endosquelettes ; membre chiridien ; muscle strié squelettique ; plasticité cérébrale ; apprentissage et mémoire ;* *- glandes endocrines, libération et circulation des hormones ; effets de certains comportements et substances sur les systèmes nerveux et hormonal*	**Organisation et fonctions des systèmes de communication chez les Métazoaires :** → *Voir partie « communications intercellulaires » pour les mécanismes cellulaires et moléculaires de la communication hormonale et paracrine.* → *Voir partie « communications intercellulaires » pour les mécanismes cellulaires et moléculaires de la communication nerveuse.* - comparer l'organisation des systèmes nerveux des Métazoaires (ex. suggérés : Insectes ou Crustacés, Vertébrés) - distinguer chez les Vertébrés, système nerveux central et périphérique, système nerveux autonome et somatique - comparer les caractéristiques du mouvement volontaire et d'un mouvement réflexe (on se limite au réflexe myotatique) - expliquer certains mécanismes cellulaires et moléculaires de la plasticité cérébrale : potentialisation à long terme (LTP) et dépression à long terme (LTD), neurogenèse, remodelage synaptique - distinguer différents types de mémoire (court terme, long terme, procédurale, déclarative) et relier leurs caractéristiques aux réseaux neuronaux et zones cérébrales impliqués - argumenter les effets des facteurs environnementaux et de l'expérience individuelle sur la plasticité cérébrale et l'apprentissage - présenter des exemples de pathologies neurodégénératives et les mécanismes associés - décrire les réponses, immédiate et retardée, au stress et expliquer les mécanismes de contrôle nerveux et endocrinien associés - présenter des causes et des effets du stress chronique ainsi que des mécanismes de régulation **Perception et locomotion chez les Métazoaires :** - identifier les différentes modalités sensorielles présentes chez les Métazoaires - établir la relation structure-fonction d'une structure sensorielle à partir d'un exemple (ex. suggérés : œil, oreille des Mammifères) - expliquer une modalité de transduction sensorielle à l'échelle cellulaire à partir d'un exemple (ex. suggérés : rétine de l'œil (photorécepteurs uniquement), organe de Corti de l'oreille interne) - comparer les caractéristiques structurales et fonctionnelles des exosquelettes et des endosquelettes (ex. suggérés : Arthropodes, Mollusques, Vertébrés)

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- identifier les différents modes de déplacements chez les Métazoaires (marche, course, reptation, nage, vol) - établir la relation structure-fonction d'un organe locomoteur et les adaptations liées au milieu de vie à partir d'un exemple - expliquer les mécanismes à différentes échelles (de l'organe aux molécules) de la contraction d'un muscle strié squelettique et de son contrôle
• Perception de l'environnement chez les Embryophytes *- Photorécepteurs ; notions de phytohormones et de balances hormonales*	**Perception de l'environnement et réponses physiologiques chez les Embryophytes** - caractériser la diversité des phytohormones (nature chimique, sites de production, transport, pléiotropie des tissus cibles) - argumenter l'importance des balances hormonales dans le fonctionnement de la plante (ex. suggérés : auxine/cytokinine, acide abscissique/gibbérellines) - argumenter l'influence de facteurs externes (température, lumière) sur le fonctionnement végétatif ou reproducteur de la plante - illustrer une chaine de réaction conduisant d'un stimulus externe à une réponse physiologique, via des phytohormones (ex. suggérés : voir infra dans la partie « *Développement embryonnaire et post-embryonnaire chez les Angiospermes* »)
• Protection : décrire des processus mis en œuvre dans la réalisation de l'immunité humaine *- organes, cellules et mécanismes de l'immunité innée et de l'immunité adaptative ; interactions entre l'organisme et le monde microbien (microbiote, agents pathogènes)* *- techniques utilisées en santé humaine : asepsie, antisepsie, vaccination, sérothérapie, immunothérapie*	**Immunité innée et adaptative chez l'être humain** - présenter les différentes barrières qui assurent la protection initiale de l'organisme : barrières physiques (peau, muqueuses), barrières chimiques (pH, enzymes, peptides antimicrobiens), barrières microbiologiques (rôle du microbiote dans la compétition et la régulation immunitaire) - distinguer asepsie et antisepsie - identifier à partir de préparations et de données microscopiques les cellules immunitaires. - expliquer comment le microbiote participe à la protection de l'organisme - expliquer le développement de la réponse immunitaire face aux différents types de pathogènes (bactéries, virus, champignons, parasites) - présenter la diversité des mécanismes contribuant à l'immunité innée : reconnaissance des motifs microbiens (PRR, TLR), phagocytose, production de médiateurs chimiques, activation du complément, rôle des cellules NK - expliquer la réaction inflammatoire - expliquer les mécanismes moléculaires responsables de la diversité des anticorps et des récepteurs intervenant dans l'immunité adaptative : réarrangements V(D)J, additions/suppressions de nucléotides, hypermutation somatique (lymphocytes B), sélection clonale - expliquer comment les récepteurs contrôlent l'activation des cellules immunitaires - expliquer le principe de la mémoire immunitaire et son exploitation pour la vaccination - exploiter des données pour analyser le fonctionnement de la réponse immunitaire innée et adaptative - présenter les principes des sérothérapies et immunothérapies.
Fonction de reproduction et développement	
• Maîtriser les savoirs relatifs à la reproduction des êtres vivants *- cycles de reproduction (parmi les Métazoaires, Embryophytes, algues,*	**Modalités de la reproduction chez les êtres vivants** - construire les cycles de développement en identifiant les phases chromosomiques et les générations

© www.devenirenseignant.gouv.fr

mycètes et unicellulaires) ; structures reproductrices ; gamétogénèse ; fécondation ; reproduction sexuée et contraintes du milieu de vie ; modalités de la reproduction asexuée	- identifier par des observations à différentes échelles les structures productrices de gamètes et de spores chez les Embryophytes (Bryophyte, Filicophyte, Pinophyte, Angiosperme) et les algues (ex. : ulve, fucus) - présenter les particularités des structures reproductrices de quelques mycètes (ex. : Ascomycète, Basidiomycète). - illustrer des coadaptations et des coevolutions dans le cadre des relations fleur – pollinisateurs chez les Angiospermes - décrire les différentes étapes menant de la double fécondation à la formation d'un fruit chez Angiospermes - illustrer la diversité des fruits et de leur mode de dissémination chez les Angiospermes - comparer les modalités de libération et de rencontre des gamètes (fécondation) en relation avec le milieu de vie (ex suggérés. : Métazoaires, Embryophytes, algues). - présenter et discuter des stratégies démographiques r et K. - expliquer et illustrer les mécanismes associés à la fécondation favorisant la diversité génétique du zygote (ex. suggérés : Angiospermes, Métazoaires, Ascomycètes) - illustrer différentes modalités naturelles de reproduction asexuée : multiplication végétative (ex. suggérés : Embryophytes), bourgeonnement (ex. suggérés : levures, Métazoaires), scissiparité (ex. suggéré : Paramécie) - discuter de l'intégration de phases de reproduction asexuée au cycle de vie de certaines espèces et des conséquences biologiques et écologiques de la reproduction asexuée. - définir le concept de parthénogenèse et illustrer ses modalités et ses conséquences pour le cycle de vie (ex. suggérés : Insectes)
• Reproduction humaine *- Appareils – organes - cellules impliqués dans la gamétogenèse, la fécondation, la gestation, la lactation, le contrôle de la reproduction ; boucles de régulation de la fonction de reproduction ; maîtrise de la procréation ; établissement du phénotype sexuel*	**Reproduction chez les Mammifères** - relier les différents organes des appareils reproducteurs (féminin et masculin) et leur fonction - présenter les étapes morpho-anatomiques conduisant à l'établissement du phénotype sexuel lors du développement embryonnaire et pendant la puberté et quelques facteurs impliqués dans le contrôle (gène *SRY*, gène *FOXL2*, hormones AMH, œstrogènes, testostérone) - identifier à l'aide de coupes histologiques et d'électronographies les cellules reproductrices et les différentes étapes de leur formation - expliquer les modalités cellulaires et moléculaires de la fécondation - argumenter à l'aide de données expérimentales l'existence et les modalités de contrôle de la gamétogenèse (spermatogenèse et ovogenèse) - présenter les mécanismes de contrôles et rétrocontrôles hormonaux et neurohormonaux de la reproduction chez l'être humain, en particulier les aspects cycliques - décrire le placenta et les modalités des échanges entre la mère et l'embryon puis le fœtus pendant la gestation - expliquer les mécanismes de production et d'éjection du lait ainsi que leurs voies de contrôle - présenter différentes modalités de maitrise de la procréation humaine (contraception, procréation médicalement assistée) et leurs fondamentaux scientifiques.

© www.devenirenseignant.gouv.fr

• Décrire et expliquer des processus de développement des êtres vivants *- Métazoaires : feuillets embryonnaires ; annexes embryonnaires ; étapes du développement embryonnaire ; inductions embryonnaires ; facteurs paracrines et contrôles génétiques.* *- Métazoaires : modalités de développement post-embryonnaire (mues, métamorphoses) ; contrôles environnementaux, hormonaux et génétiques ; relations aux milieux de vie et aux saisons.* *- Embryophytes : diversité des méristèmes ; mise en place des organes ; contrôles environnementaux et plasticité phénotypique ; contrôles hormonaux et génétiques*	**Développement embryonnaire et post-embryonnaire chez les Métazoaires** *On privilégiera l'un ou l'autre des modèles suivants pour illustrer et argumenter les savoirs : drosophile, amphibien, oiseau, souris.* - décrire les feuillets primordiaux de l'embryogenèse et les tissus qu'ils produisent (ex. suggéré : modèle amphibien) - décrire les différentes étapes (segmentation, gastrulation, neurulation, organogenèse) du développement embryonnaire (ex. suggéré : modèle amphibien, modèle drosophile) - décrire les annexes embryonnaires des amniotes (sac vitellin, amnios, chorion, allantoïde) et leurs rôles (ex. suggéré : modèle oiseau, modèle mammifère) - identifier sur des embryons *in toto* et des coupes, les différents stades de développement embryonnaire (ex. : modèle amphibien) - relier différents processus cellulaires (prolifération, adhérence, migration, différenciation, mort cellulaire) et les étapes du développement embryonnaire (ex. suggéré : modèle amphibien) - identifier à l'aide de critères explicites les différents axes de polarité structurant le développement d'un organisme ou d'un organe (ex. suggérés : modèle amphibien, modèle oiseau, modèle drosophile) - distinguer le concept de détermination et d'induction embryonnaire - argumenter à l'aide de données expérimentales un modèle d'induction embryonnaire (ex. suggérés : induction neurale chez les Vertébrés, induction du bourgeon de membre chez l'oiseau ou la souris) - présenter un modèle d'induction embryonnaire afin d'illustrer le rôle de gènes inducteurs et de facteurs paracrines - définir le concept d'homéose et de gènes homéotiques - présenter un modèle d'expression des gènes homéotiques couplé à l'acquisition de l'identité (ex. suggérés : régionalisation antéropostérieure chez la drosophile ou dans le modèle amphibien, développement du bourgeon de membre chez l'oiseau ou la souris) *Les exemples à privilégier seront pris chez les amphibiens et les insectes.* - définir la notion de métamorphose et illustrer plusieurs modalités de métamorphose - décrire les étapes de la métamorphose : changements morphologiques, anatomiques, physiologiques, écologiques - expliquer l'importance adaptative de la métamorphose dans les cycles de vie - argumenter à l'aide de données les mécanismes hormonaux contrôlant les étapes de la métamorphose (ex. suggéré : modèle amphibien) - définir la diapause et expliquer son importance dans les cycles de vie des populations concernées - décrire les mécanismes physiologiques de la diapause et expliquer le rôle de la photopériode dans son déterminisme **Développement embryonnaire et post-embryonnaire chez les Angiospermes** - décrire les étapes conduisant de la double fécondation à la germination d'une graine, en particulier le développement de l'embryon en plantule et l'utilisation des réserves - définir la notion de méristème et distinguer différents types de méristèmes (apical, secondaire, floral) et les tissus qu'ils génèrent

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- expliquer le rôle des méristèmes dans la croissance (longueur, épaisseur) et le développement (organogenèse et histogenèse) des plantes - relier les mécanismes cellulaires (prolifération, croissance, différenciation), leur localisation et le fonctionnement des méristèmes - exploiter des données pour montrer le rôle et les mécanismes d'action des phytohormones dans le contrôle de la croissance et du développement - expliquer la relation entre facteurs de l'environnement, relais hormonaux et réponses développementales (ex. suggérés : phototropisme, gravitropisme, dormance) - présenter le contrôle génétique du fonctionnement du méristème apical caulinaire chez les Angiospermes - décrire les étapes de transformation d'un méristème végétatif en méristème floral et le développement en structure florale - argumenter le modèle ABCDE de détermination des organes floraux par des gènes homéotiques à l'aide de données expérimentales - exploiter des données pour montrer l'influence de la température (vernalisation) et de la lumière (photopériodisme) sur l'induction florale - présenter un modèle de contrôle épigénétique reliant les facteurs abiotiques (ex. suggéré : vernalisation) et la floraison (organes percepteurs, relais hormonaux, gènes impliqués) - définir la plasticité phénotypique et l'accommodation et illustrer son importance chez les plantes - présenter des modifications morphologiques, anatomiques, physiologiques induites par des facteurs abiotiques (lumière, température) ou des facteurs biotiques (bactéries, mycètes)
1.3. S'approprier des savoirs disciplinaires en écologie, systématique et évolution pour les enseigner	
La biodiversité des espèces et son évolution	
• Caractériser les méthodes à l'origine de l'étude de la diversité du vivant *- méthodes et techniques d'observation et de description des êtres vivants à différentes échelles ; caractéristiques systématiques* *- notion d'espèce, diversité des définitions ; principes de la classification phylogénétique ; méthodes d'établissement de classifications phylogénétiques ; arbre phylogénétique ; grands domaines et grands groupes de la classification phylogénétique*	- identifier et mobiliser des méthodes d'étude du vivant : – à différentes échelles (macroscopique, microscopique, moléculaire) – à l'aide de techniques appropriées (dissection, préparation microscopique, coloration, séquençage) – à l'aide de dispositifs d'observation appropriés (microscope, loupe binoculaire, loupe à main) - rendre compte de l'évolution historique de la classification du vivant en reliant la diversité des critères utilisés, des outils d'observation et les méthodes de systématique mobilisées au cours du temps - relier les observations effectuées aux caractères utilisés en systématique pour fonder les groupes - reconnaître quelques familles d'Angiospermes à travers des dissections florales et diagrammes floraux (Brassicacées, Fabacées, Lamiacées, Solanacées, Rosacées, Poacées, Liliacées, Orchidacées) - identifier à l'aide de clés de déterminations et de flores d'autres familles et/ou d'autres espèces

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- réaliser la dissection de Métazoaire complet : un insecte, un crustacé, un mollusque bivalve, un annélide, un téléostéen, un mammifère. - identifier des grands groupes de Métazoaire dont les Cnidaires (coraux, hydraires), les Plathelminthes (planaires, trématodes), les Annélides (polychètes, oligochètes), les Mollusques (bivalves, gastéropodes), les Arthropodes (insectes, crustacés, arachnides), les Vertébrés (mammifères, oiseaux, amphibiens, téléostéens) et décrire leur organisation morpho-anatomique ainsi que leur synapomorphies, morphologiques, cellulaires, biochimiques ou moléculaires - identifier des micro-organismes (levure, bactérie, paramécie, algue unicellulaire, eucaryote unicellulaire parasite) et décrire leur organisation cellulaire et leurs caractéristiques métaboliques - comparer différents concepts de l'espèce (espèce typologique, espèce biologique, espèce phylogénétique et espèce écologique) et discuter leur opérationnalité et leurs limites d'application - expliquer les principes de la classification phylogénétique (homologie, caractères dérivés partagés, principe de parcimonie) - expliquer les fondements des deux grandes méthodes de reconstruction : cladistique et phénétique - interpréter un arbre phylogénétique (relations de parenté, notion d'ancêtres communs) - identifier les grandes lignées du vivant (Bactéries, Archées, Eucaryotes) et discuter l'évolution des grands métabolismes et de la pluricellularité - situer quelques grands groupes dans l'arbre phylogénétique des Eucaryotes (lignée verte, Métazoaires, Mycètes) et discuter des relations endosymbiotiques entre les groupes - relier la construction des phylogénies à l'utilisation de caractères morphologiques et moléculaires *Limites :* *Les algorithmes de construction des arbres ne sont pas exigibles* *Une connaissance exhaustive de la classification n'est pas attendue*
• Expliquer les mécanismes à l'origine de l'évolution du vivant *- mécanismes de modification des génomes ; équilibre et loi de Hardy-Weinberg ; mécanismes et conséquences de la sélection et de la dérive ; mécanismes de spéciations ; évolution de la lignée humaine ; domestication ; sélection artificielle et amélioration des espèces ; impacts des activités anthropiques*	- exprimer les grandes étapes de l'émergence du concept d'évolution dans l'histoire de la biologie (Cuvier, Lamarck, Darwin, Haeckel, théorie synthétique de l'évolution, Kimura) - mettre en évidence le processus évolutif à différentes échelles : variation des faunes et flores au cours du temps (fossiles), modification de l'anatomie ou la physiologie au cours des générations et variations génétiques de génération en génération - identifier les mécanismes de modification des génomes : mutations (ponctuelles, insertion, délétion, polyploïdisation), recombinaisons - expliquer les conditions de l'équilibre de Hardy-Weinberg et son intérêt comme modèle de référence - expliquer les effets des systèmes de reproduction (homogamie, hétérogamie) sur les fréquences des allèles - mettre en évidence l'effet des différentes forces évolutives (sélection naturelle, sélection sexuelle, dérive génétique, migration et mutation) à la fois sur des caractères morphologiques et sur la fréquence des allèles

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- comparer les effets de la sélection et de la dérive génétique - expliquer les mécanismes de spéciation (isolement reproducteur, spéciation allopatrique et sympatrique) - argumenter la coévolution entre deux espèces (plante-pollinisateur, hôte-parasite) - situer quelques étapes clés de l'évolution des Hominidés et ses caractères dérivés majeurs - relier pratiques humaines (sélection artificielle et domestication) et évolution des espèces dont l'espèce humaine - mettre en relation activités humaines et évolution (pressions de sélection, résistances) *Limites :* *Les modèles mathématiques détaillés ne sont pas attendus (hors Hardy-Weinberg).* *Les arbres phylogénétiques détaillés de l'évolution des Hominidés ne sont pas exigibles.*
Les écosystèmes	
• Décrire l'organisation et la diversité des écosystèmes *- biotope, biocénose ; mesures de richesse d'un écosystème ; espèces ingénieurs ; successions écologiques ; climax ; agrosystème ; caractérisation et diversité des biomes* *- structure, biodiversité, fragilité des sols*	- définir et relier biotope et biocénose - décrire l'agencement spatial des organismes et des variables abiotiques au sein d'un écosystème (distribution homogène, aléatoire, agrégée ; gradients, variation) - exploiter des données obtenues au cours d'une sortie de terrain ou d'explorations scientifiques pour estimer la biodiversité (richesse spécifique et abondance relative) - réaliser des mesures pour évaluer différents paramètres caractéristiques d'un sol (porosité, granulométrie, pH, capacité d'échange cationique etc.) - relier les caractéristiques d'un sol et ses horizons aux processus qui les mettent en place - comparer deux types d'humus (mull et moder) - identifier à partir d'une clef de détermination des constituants de la biocénose du sol - mettre en évidence les conséquences des pratiques agricoles et activités humaines sur les sols (biodiversité, érosion, cycle du carbone)
• Expliquer le fonctionnement des écosystèmes *- dynamique des écosystèmes, relations interspécifiques ; niche écologique ; espèces pionnières, ingénieures, clés de voûte, communauté ; producteurs primaires, chaînes et réseaux trophiques ; rendement niveau trophique ; décomposeurs ; cycle de la matière*	- décrire les variations d'effectif de population sous l'effet de facteurs du biotope ou de facteurs intrinsèques à la population (ex : densité-dépendance avec compétition) - modéliser les variations d'effectifs et discuter des limites des modèles (croissance exponentielle, croissance logistique) - décrire la distribution spatiale d'une population d'une espèce et les patrons de dispersions au sein et entre les populations - identifier et interpréter les interactions interspécifiques (commensalisme, compétition, prédation, parasitisme, mutualisme, symbiose) - discuter des catégorisations artificielles qu'elles représentent à la lumière de leurs évolutions potentielles - modéliser des interactions interspécifiques (ex. : modèle Lotka-Volterra) - relier les interactions interspécifiques à des paramètre structuraux (niche écologique, habitats, coexistence, exclusion), fonctionnels (réseaux trophiques, transfert de biomasse) et dynamiques (effet démographiques, habitats variables…) des écosystèmes

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- décrire l'implication relatives de différentes espèces à la structuration au fonctionnement et à la dynamique des écosystèmes à travers les notions d'espèces architectes, ingénieurs, pionnières, clés de voute - construire des chaines et des réseaux trophiques à partir d'une diversité de données (suivi individuel, régime alimentaire, morphologie, isotopes etc.) - identifier producteurs, consommateurs, décomposeurs - caractériser, pour chaque niveau trophique, la production de biomasse et comparer, pour chaque niveau, les productions (primaire, secondaire, etc.) et les rendements (pertes associées aux transferts entre niveaux trophiques) - relier production, consommation et décomposition dans un cycle de la matière - comparer les paramètres caractéristiques d'un agrosystème et d'un écosystème
• Décrire et expliquer les effets de perturbations sur la dynamique des écosystèmes *- résistance et résilience ; services écosystémiques ; effets de différentes pratiques agricoles et usages des sols sur les services rendus par un écosystème ; effets des pollutions de différentes natures sur les comportements et la survie de quelques organismes et sur les propriétés de l'environnement* *- mise en relation des mécanismes de l'évolution et des modifications d'un écosystème*	- mettre en évidence et décrire les processus de successions écologiques, depuis les stades pionniers aux stades tardifs - discuter la notion de climax - comparer les paramètres structuraux, fonctionnels et dynamiques d'un agrosystème et d'un écosystème - illustrer la notion de perturbation (fréquence, intensité) - définir résistance et résilience - exploiter des bilans qualitatifs et quantitatifs montrant que des perturbations d'origine biotique ou abiotique peuvent modifier la structure et le fonctionnement de l'écosystème (biomasse, composition, effectif de telle ou telle espèce, variation des facteurs abiotiques) - relier fonctionnement des écosystèmes aux services rendus aux sociétés humaines - relier pratiques agricoles, usages des sols et fonctionnement des écosystèmes adjacents (implication dans les cycles biogéochimiques : carbone, azote, eau) - expliquer les effets des pollutions sur les organismes et les milieux *Limites : Les modèles quantitatifs complexes de dynamique des populations ne sont pas attendus*
Les grands cycles biogéochimiques et leur lien avec le changement climatique	
• Expliquer les processus liés aux grands cycles biogéochimiques *- cycle du carbone et de l'azote : réservoirs, flux, temps de résidence ; importante des organismes vivants pour le bouclage des cycles ; impacts des activités humaines sur les cycles ; relation entre le cycle du carbone et celui de l'azote* *- gaz à effet de serre et impact sur le climat ; changement climatique et le réchauffement global*	- décrire le cycle de l'eau (réservoirs, flux, temps de résidence) (*voir partie 1.4 « Dynamique des enveloppes fluides »*) - relier le cycle de l'eau et le fonctionnement des écosystèmes - présenter les impacts du changement climatique sur le cycle de l'eau - identifier les principaux réservoirs et flux du cycle du carbone - relier cycle du carbone et activité biologique (photosynthèse, respiration, fermentation) - identifier les grandes transformations (fixation, nitrification, dénitrification) au sein du cycle de l'azote et les relier - à l'action des micro-organismes - relier cycles du carbone et de l'azote au fonctionnement des réseaux trophiques et au stockage de matière organique (sols, biomasse) - relier les perturbations humaines (fertilisation azotée, combustion des énergies fossiles, usages des sols) avec les modifications conjointes des deux cycles - relier le cycle du carbone et celui de l'azote à l'effet de serre et au changement climatique *Limites :* *Les modèles climatiques globaux ne sont pas exigibles*

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	Les voies biochimiques détaillées liées au cycle de l'azote de sont pas attendues *Les bilans chiffrés précis ne sont pas attendus*
1.4. S'approprier des savoirs disciplinaires sur la structure et la dynamique de la planète Terre pour les enseigner	
Observation, représentation et interprétation des structures géologiques	
• Observer et décrire des objets géologiques à différentes échelles *- outils d'observation (satellite, œil, microscope) ; représentations manuelles et numériques ; analyse pétrographique ; relations reliefs – géologie et végétation – géologie*	- identifier de façon raisonnée, à l'aide de critères macroscopiques et microscopiques, des minéraux : quartz, feldspaths plagioclases et feldspaths alcalins, olivines, pyroxènes, amphibole (hornblende, glaucophane), micas (biotite, muscovite), silicates d'alumine (andalousite, sillimanite, disthène), staurotide, grenats, calcite, chlorite des roches : basalte, andésite, trachyte, rhyolite, péridotite, gabbro, granites, granodiorite, schistes, micaschistes, gneiss, métagabbros (schistes verts, amphibolites, schistes bleus, éclogites), éclogite, migmatite, marbre, calcaires, marnes, argilites, grès, conglomérats, radiolarite, gypse, halite, sylvite, bauxite, tourbe, lignite, houille, pétrole - choisir des modalités adaptées de représentation (dessin, schéma, carte, coupe, diagramme 3D etc.) de structures géologiques observées, éventuellement associées à des données cartographiques ou pétrographiques - exploiter des observations de terrain et des données (cartographique, pétrographique) pour analyser les relations entre paysages (reliefs, végétation) et géologie
• Exploiter des documents de cartographie géologique *- reliefs et représentation cartographique ; intersection topographie – limites de structures géologiques ; représentation des âges, de la pétrographie et des structures tectoniques ; identification argumentée des structures géologiques ; réalisation et interprétation de coupes géologiques et de schémas structuraux à partir de cartes géologiques à différentes échelles*	*Les analyses sont conduites sur des cartes à différentes échelles : 50 000^{e}, 250 000^{e} et 1 000 000^{e}.* - exploiter les informations présentes dans la légende d'une carte géologique : lignes de niveaux, âge et nature des terrains, indices d'exploitation, présence de fossiles, isobathes, indications magmatiques ou métamorphiques etc. - identifier et justifier, à partir d'une analyse cartographique, des structures géologiques : plis, failles, contacts etc. - représenter des coupes géologiques et des schémas structuraux à partir de cartes géologiques (50 000^{e}, 250 000^{e}, 1 000 000^{e}), et expliquer leur signification en termes de processus géologiques
Organisation et dynamique de la Terre	
• Caractériser la place de la Terre dans l'Univers et le système solaire et ses spécificités *- place de la Terre dans l'Univers et le Système solaire ; conditions d'habitabilité d'un astre (effet de*	**La Terre dans le système solaire** : - différencier planètes telluriques et planètes géantes et donner leurs caractéristiques ; *la structure interne de chaque planète n'est pas exigible* - relier les caractéristiques (chimie, masse, distance au soleil, magnétosphère, température en lien avec l'existence d'un effet de serre) des planètes dans le système solaire à leur habitabilité

© www.devenirenseignant.gouv.fr

serre) ; mouvements de la Terre et les variations d'insolation à différentes échelles de temps (jour/nuit, saisons, paramètres astronomiques)	- énoncer la première loi de Kepler (loi des orbites) afin de caractériser la trajectoire elliptique d'une planète autour du Soleil et ses éléments géométriques clés (foyers, demi-grand axe) - caractériser la révolution et la rotation terrestres ainsi que les variations temporelles des paramètres astronomiques de la Terre (aucune formalisation physique n'est attendue) - expliquer les conséquences des mouvements terrestres sur l'insolation à courte (saisons) et longue (cycles de Milankovitch) échelle de temps
• Exploiter des données issues de techniques géophysiques et géochimiques *- méthodes et techniques d'obtention de données sismiques, magnétiques, gravimétriques, thermiques, géodésie spatiale ; interprétation des données et construction de modèles structuraux et dynamiques du globe Terrestre.*	- expliquer le principe d'anomalies géophysiques et connaître les champs d'application (magnétisme, gravimétrie, tomographie) - connaître les principales techniques de géodésie spatiale utilisées pour déterminer les reliefs et formes de la Terre (altimétrie satellitaire) et ses déformations de surface (GPS, interférométrie radar) - expliquer le principe de la spectrométrie de masse et de ses applications
• Mettre en relation structure, composition et dynamique des enveloppes internes de la Terre *- modèle radial de la Terre : données sismologiques, pétrologiques et expérimentales.* *- modèles de cinématique des plaques (relative et absolue) ; dissipation de la chaleur interne de la Terre et dynamiques de l'asthénosphère et de la lithosphère* *- distribution des reliefs Terrestres ; marqueurs des grands contextes géodynamiques ; mouvements verticaux de la lithosphère ; isostasie.* *- comportement rhéologique de la lithosphère ; déformations à différentes échelles*	**Mise en place du modèle radial Terre :** - expliquer les principes de la construction du modèle PREM à partir de données sismologiques (loi de Descartes, utilisation d'hodographes, loi de Birch) - exploiter des données géophysiques, pétrologiques (roches terrestres et météorites) et expérimentales (presses) pour établir les discontinuités physiques ou chimiques dans le globe - relier les discontinuités aux changements chimiques et minéralogiques (transitions de phase) pour croûtes, manteaux et noyau ; relier la limite entre lithosphère et asthénosphère à des changements rhéologiques et thermiques. - expliquer comment construire un géotherme et connaître l'allure des géothermes continental et océanique moyens - présenter les grands traits de la différenciation de la Terre à l'origine de la structure en enveloppes distinctes. **Cinématique des plaques :** - définir une plaque lithosphérique. - distinguer cinématique absolue et relative - exploiter des méthodes de mesure du déplacement des plaques à différentes échelles de temps (GPS, sphères focales, anomalies magnétiques, alignements volcaniques) pour construire un modèle de la tectonique des plaques - modéliser quantitativement la cinématique des plaques rigides sur une sphère - articuler les concepts géométriques de la rotation eulérienne (pôle d'Euler, vitesse angulaire) avec les observations de terrain pour caractériser le déplacement absolu ou relatif de la lithosphère. - identifier les différents contextes géodynamiques en les reliant aux mouvements des plaques, aux caractéristiques du relief, à la répartition des séismes et du volcanisme - relier la dynamique des plaques et la dynamique interne du globe (convection mantellique). - exploiter des données de tomographie sismique et de flux de chaleur (lien au géotherme local) dans les divers contextes géodynamiques. - identifier et quantifier les principales sources de chaleur interne du globe.

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- discuter les possibilités de convection du manteau et utiliser le nombre de Rayleigh. - connaître les arguments géophysiques et géochimiques à l'origine de l'établissement du modèle de convection pénétrative. *Limite : la convection dans le noyau est citée et reliée à la présence d'un champ magnétique terrestre, sans que l'un ou l'autre ne soit détaillé.* **Mouvements verticaux de la lithosphère :** - définir la pesanteur terrestre et connaître les paramètres qui l'influencent - distinguer géoïde (surface équipotentielle du champ de pesanteur), ellipsoïde de référence et surface topographique - définir les anomalies gravimétriques (air libre, Bouguer) et les interpréter en termes d'équilibre vertical de la lithosphère - réaliser des calculs d'isostasie dans divers contextes géologiques (racine crustale, subsidence d'un bassin sédimentaire, refroidissement et subsidence de la lithosphère océanique) - identifier les déséquilibres isostatiques et discuter du rééquilibrage possible et des échelles de temps associées - présenter les méthodes de géodésie spatiale (altimétrie satellitaire) permettant d'avoir accès aux ondulations du géoïde. **Rhéologie de la lithosphère :** - définir déformations et contraintes - analyser des objets déformés à toutes les échelles (microstructures, roches, affleurements, région) - représenter la déformation finie d'un objet sous forme d'un ellipsoïde et déterminer si possible le régime de contraintes. Connaître les régimes de déformation (coaxiale ou non). - distinguer les déformations à partir de courbes rhéologiques : élastique, plastique (sens large), cassante, fluage - identifier à partir de résultats expérimentaux (presses) les principaux facteurs de contrôle de la déformation des roches (température, pression lithostatique, vitesse de déformation) - relier les comportements cassant (fragile) et ductile aux caractéristiques du matériau et aux conditions de sa déformation - définir, à l'échelle de la lithosphère, enveloppe cassante (droite de Byerlee) et enveloppe ductile (loi de fluage) - présenter les profils rhéologiques des lithosphères continentale et océanique et les relier aux observations sismologiques. Identifier l'impact du géotherme local sur ces profils - caractériser les séismes : origine, profondeur, cadre géodynamique (rifts, dorsales, orogènes, subduction), conséquences - exploiter des données de répartition des séismes et de mécanismes au foyer et les relier aux contextes géodynamiques (ex. : plan de Wadati-Bénioff, marge active) - évaluer la magnitude et l'intensité d'un séisme - discuter la notion de cycle sismique *Limites : cercles et enveloppes de Mohr ne sont pas au programme. La construction stéréographique d'un mécanisme au foyer n'est pas au programme.*

© www.devenirenseignant.gouv.fr

• Décrire la dynamique des enveloppes fluides en relation avec le climat *- composition et structure verticale de l'océan et de l'atmosphère ; répartition de l'énergie solaire ; dynamiques de l'océan et de l'atmosphère ; distinction climat et météorologie ; répartition latitudinale des climats ; bilan radiatif de la Terre ; effet de serre ; cycle de l'eau.*	**Structure des enveloppes fluides :** - présenter la stratification verticale et les caractéristiques physico-chimiques de l'atmosphère et de l'océan. - expliquer l'origine des composés et l'évolution chimique des enveloppes fluides en relation avec la différenciation planétaire - réaliser le bilan radiatif terrestre et montrer l'importance des gaz à effet de serre atmosphériques - discuter de la stabilité ou instabilité des enveloppes fluides du point du vue local, en lien avec la dynamique. **Dynamique des enveloppes fluides :** - exploiter les données montrant l'inégale répartition de l'énergie solaire le bilan entre énergie reçue et énergie émise aux différentes latitudes) à l'origine des mouvements des enveloppes fluides - identifier les parts respectives de l'océan et de l'atmosphère dans la redistribution de l'énergie à la surface de la Terre - présenter et exploiter un schéma général de la circulation atmosphérique : circulation convective en moyenne annuelle (cellules de Hadley, Ferrel, polaire), vents de surface (alizés, vents d'ouest) liés aux gradients de pression et à la force de Coriolis - relier les courants de surface aux vents troposphériques (grandes gyres, circulation équatoriale) – transport d'Ekman - expliquer et illustrer le couplage océan – atmosphère (ex. suggérés : mousson, El Niño / La Niña) - présenter la circulation générale de l'océan (circulation méridienne de retournement ou circulation thermohaline) en relation avec les contrastes de densité de l'eau de mer (variations de température et de salinité) - relier les mouvements verticaux océaniques et la productivité planctonique - décrire le cycle de l'eau (réservoirs, flux, temps de résidence) - relier le cycle de l'eau aux dynamiques atmosphérique et hydrosphérique et aux transferts de chaleur associés - relier les perturbations du cycle de l'eau à celles observées dans la genèse des cyclones ou dans le phénomène El Niño. - relier le cycle de l'eau aux processus géologiques externes (érosion, dissolution, hydrolyse) *Limites : dans cette partie, on n'attend pas de formalisation physique.*
Expliquer les processus magmatiques, métamorphiques et sédimentaires dans leur cadre géodynamique	
• Caractériser le magmatisme *- analyse macroscopique, microscopique, minéralogique et chimique de roches magmatiques* *- conditions de formation des magmas (fusion partielle) ; relation diversité magmatique et contextes géodynamiques*	**Identification des roches magmatiques :** *Voir supra pour l'identification macroscopique et microscopique de roches magmatiques* - identifier de façon raisonnée une roche magmatique : par analyse de sa composition minéralogique par l'utilisation du diagramme de Streckeisen par l'utilisation d'un diagramme TAS **Processus magmatiques :**

© www.devenirenseignant.gouv.fr

- processus d'évolution du liquide magmatique : cristallisation fractionnée, contamination, mélange ; diversité chimique des roches magmatiques ; séries magmatiques ; composition chimique d'un magma et dynamique des éruptions volcaniques	- définir les conditions de formation des magmas : fusion partielle, influence de la profondeur de genèse sur le taux de fusion et la géochimie (teneur en silice, en éléments compatibles/incompatibles, teneur en alcalin, élément en traces…) - exploiter des diagrammes binaires (solution solide, diagramme à eutectique) et ternaires (à eutectique) dans le cadre d'une fusion partielle ou d'une cristallisation à l'équilibre - distinguer les contextes de formations des magmas basaltiques : rifts, dorsales, points chauds et grandes provinces magmatiques (trapps et plateaux océaniques), zones de subduction, anatexie (*lien avec le métamorphisme*). - caractériser l'origine des magmas (réservoir, taux de fusion) selon les contextes à l'aide des différents données (traceurs géochimiques, tomographie sismique) - expliquer les mécanismes d'évolution des magmas : cristallisation fractionnée, mélange, contamination - exploiter des données géophysiques, cartographiques, pétrologiques afin d'établir un modèle de fonctionnement de chambre magmatique (ex. : dorsale rapide) - relier la texture et la minéralogie d'une roche avec ses modalités de mise en place en profondeur ou en surface - définir la notion de série magmatique - caractériser les séries tholéiitique, calco-alcaline, alcalines (sous-saturées ou non), les roches et les contextes géodynamiques associés - exploiter un ensemble de données (cartes, étude de gisements, analyse chimiques, diagramme TAS ou AFM, datation) pour identifier une série magmatique et sa nature - distinguer un dynamisme volcanique (effusif à explosif) à partir de sa teneur en gaz/liquide/fluide par l'étude des édifices volcaniques et des produits émis - relier dynamismes éruptifs et caractéristiques physicochimiques des magmas. - 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. - identifier des risques volcaniques à partir d'études cartographiques, pétrologiques ou géophysiques.
• Caractériser le métamorphisme *- analyse macroscopique, microscopique, minéralogique et chimique de roches magmatiques* *- paragenèse ; faciès métamorphique ; séquences et séries métamorphiques ; trajet P-T-t ; gradients métamorphiques et contextes géodynamiques*	**Identification des roches métamorphiques :** *Voir supra pour l'identification macroscopique et microscopique de roches magmatiques* - analyser et exploiter les représentations cartographiques du métamorphisme - établir à partir de critères de chronologie relative l'ordre de cristallisation des minéraux en lien avec les déformations **Processus métamorphiques :** - distinguer paragenèse, faciès, séquences et séries métamorphiques - définir le concept de faciès métamorphique et situer approximativement les limites des principaux faciès métamorphiques (cornéennes, schistes verts, amphibolite, granulite, schiste bleu, éclogite) ; Rôle des fluides. - exploiter la distribution spatiale de roches métamorphiques (cartes, données de terrain) pour déterminer séries et gradients métamorphiques - exploiter des données de la pétrologie expérimentale (autoclave, presses) pour déterminer des conditions thermodynamiques de différents assemblages

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- discuter de la pertinence du choix d'un géobaromètre ou d'un géothermomètre. - présenter des cas de rétromorphose (ex. suggérés : coésite-omphacite, anhydrite-gypse dans les Alpes) et les interpréter dans leur contexte géodynamique (exhumation) - exploiter des données pétrogénétiques, structurales et de datation pour proposer une hypothèse en termes de chemin P-T-t - relier trajets P-T-t, gradients métamorphiques et contextes géodynamiques - exploiter séries métamorphiques et chemins P-T-t dans le cadre d'une histoire régionale *Contextes géodynamiques à envisager : subduction, collision, étalement gravitaire, métamorphisme de contact, métamorphisme hydrothermal.*
• Mettre en relation organisation des bassins et processus sédimentaires *- diversité des bassins sédimentaires ; modalités de subsidence* *- processus d'altération et d'érosion des roches ; agents de transports des particules sédimentaires ; lignées sédimentaires : détritique, chimique et biochimique (carbonatée, siliceuse, évaporitique et carbonée)* *- principales roches sédimentaires à partir de critères macroscopiques et microscopiques ; faciès d'une roche sédimentaire, relation milieu de dépôt*	**Bassins sédimentaires :** - relier modes de subsidence et courbes de subsidence aux différents types de bassins : subsidence tectonique (rift, pull appart, bassin arrière-arc) ; subsidence thermique (marge passive, océan, bassin intra-cratonique), subsidence par surcharge (bassin flexural) - expliquer l'aspect des courbes de subsidence des bassins en lien avec leur contexte géodynamique - caractériser la transition du continent à l'océan : marges passives pauvres en magma (non volcaniques), marges passives riches en magma , marges transformantes. **Processus sédimentaires : érosion, altération, transport** - caractériser le phénomène d'altération à partir de données de l'échelle du paysage à celle du minéral (exemple du granite) - distinguer altération mécanique et altération chimique des roches. - relier la diversité des produits d'altération aux conditions d'altération (climat et végétation) - caractériser différents stades d'altération : monosiallitisation, bisiallitisation, allitisation - interpréter la présence éventuelle d'oxydes et d'hydroxydes de fer et d'aluminium (latéritisation) dans les formations résiduelles (exemple des bauxites) - exploiter 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. - relier les différents modes de transport (particulaire par charriage ou en suspension ou sous forme dissoute) avec les environnements de dépôt (transport gravitaire, par la houle, les marées, les cours d'eau, les glaciers, le vent). - expliquer le comportement des particules détritiques en fonction de la vitesse du courant et de la granulométrie par le diagramme de Hjulström. - expliquer le rôle de l'érosion et du transport dans le façonnement des paysages. **Lignées sédimentaires et paléoenvironnement :**

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- distinguer les principales familles de roches sédimentaires (détritiques, carbonatées, siliceuses, évaporitiques, carbonées, siliceuses…) et leur mode de formation - analyser des structures (ou figures) sédimentaires à partir de données expérimentales (diagramme d'Allen) et d'observations de terrain pour en identifier l'origine et la dynamique de mise en place des dépôts - relier la distribution de dépôts détritiques, au niveau d'un delta et d'un estuaire, et la dynamique de l'hydrosphère - relier le profil (transect proximo-distal) d'une plate-forme carbonatée et la succession des faciès (lagon, récif, avant-récif, large) en liaison avec l'hydrodynamisme (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). - expliquer la répartition des grands types de sédiments dans l'océan actuel. - déduire des caractéristiques de la roche (lithologie, paléontologie et figures sédimentaires) un environnement de dépôt en appliquant le principe d'actualisme. Notion de faciès sédimentaire. - 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 - définir les principales étapes de la diagenèse dans la transformation sédiment – roche sédimentaire pour les roches carbonatées et siliceuses : compaction, expulsion d'eau, cimentation puis dissolution/ recristallisation - identifier les principaux types de ciments (syntaxique, épitaxique) et l'évolution de la porosité *La stratigraphie séquentielle n'est pas au programme.*
Ressources et risques géologiques	
• Expliquer des processus de formation de ressources géologiques et discuter des effets de leur exploitation *- formation des combustibles fossiles ; impact de leur utilisation sur le climat* *- processus de formation / fabrication de quelques minerais et matériaux.* *- disponibilité et la qualité des ressources en eau ; relation avec le climat et géologie d'un territoire*	**Ressources** : - expliquer les conditions de formation des combustibles fossiles, entre autres dans leur contexte géodynamique - replacer la formation et l'exploitation des combustibles fossiles dans le cycle du carbone - relier la répartition des ressources en eau et leur processus de formation - décrire les processus de formation et / ou fabrication des matériaux de construction d'usage courant (granulat, ciment, béton, plâtre) - décrire les processus de formation des évaporites exploitées (gypse, halite, sylvite) - décrire les processus de formation d'un minerai (ex. suggéré : minerai d'aluminium) - relier, quand cela est possible, la formation de ressources géologiques à l'histoire tectonique d'une région
• Discuter la notion de risques géologiques *- risque, aléa et vulnérabilité ; risques liés aux phénomènes internes*	**Risques** : *On privilégiera des exemples choisis sur le territoire français (Métropole et Outre-Mer).*

© www.devenirenseignant.gouv.fr

(volcanisme, séismes) et externes (climatiques, météorologiques) ; atténuation des risques géologiques (prévention, prévision)	- distinguer les concepts d'aléa, d'enjeu et de risque et les appliquer à l'analyse d'une situation. - identifier les risques sismiques, volcaniques et météorologiques en lien avec les phénomènes géologiques associés. - identifier des risques liés à l'érosion. - distinguer magnitude et intensité d'un séisme. - exploiter des données sismiques pour localiser l'épicentre d'un séisme. - argumenter sur la différence entre la fréquence des aléas liés à la géodynamique interne à celle liés à la géodynamique externe - présenter l'impact des changements climatiques sur les risques liés à la géodynamique externe
1.5. S'approprier des savoirs disciplinaires sur le Temps et l'histoire de la Terre pour les enseigner	
Histoire de la vie et de la Terre	
• Décrire l'évolution de la vie *- phases de diversification et crises biologiques ;* *- fossiles stratigraphiques ; fossiles de faciès* *- grands traits de l'histoire évolutive des Hominidés*	**• Phases de diversification et crises biologiques :** - exploiter des données montrant des phases de diversification (ex. faunes d'Ediacara et de Burgess) et les grandes crises biologiques (ex. crises Permo-Trias et Crétacé-Tertiaire) - discuter des causes de ces diversifications et de ses extinctions (origines internes et externes) **• Fossiles stratigraphiques et fossiles de faciès :** - distinguer les qualités respectives des fossiles stratigraphiques et des fossiles de faciès - exploiter les informations qu'apportent les fossiles pour dater ou reconstituer un environnement - identifier quelques fossiles et les relier à un âge approximatif ou à un faciès : Trilobites, Ammonoïdés, Bivalves, Gastéropodes, Echinodermes, Coraux, microfossiles (nummulitidés, milioles, alvéolines, globotruncanidés, globigérinidés, coccolithophoridés, radiolaires, diatomées, grains de pollen), fossiles de la flore du Carbonifère **• Histoire évolutive des Hominidés :** - décrire les grands traits de l'histoire évolutive des Hominidés et les principales synapomorphies de la lignée humaine - utiliser des arguments paléontologiques et paléogénomiques pour reconstituer l'histoire évolutive des Hominidés - argumenter l'introgression d'allèles de Néanderthaliens dans le génome de l'homme actuel
• Expliquer et exploiter les principes de la datation *- principes chronologie relative ; principes et domaines d'application de la radiochronologie ; échelle chronostratigraphique*	**• Chronologie relative :** - utiliser les principes géométriques pour réaliser une chronologie relative de deux événements géologiques sur un affleurement, un échantillon, une carte ou une coupe géologique - distinguer les différents types de stratotypes : stratotypes d'unité (souvent historiques) et stratotypes de limite (« clous d'or ») **• Radiochronologie :**

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- expliquer les lois de la désintégration radioactive et le principe de la datation radiochronologique - utiliser différentes méthodes de datation : ^{14}C, K/Ar, Rb/Sr (droite isochrone, sur roche totale et sur minéraux isolés) et U/Pb (Concordia) à l'aide d'un tableur ou d'un logiciel (fiches techniques fournies) - justifier l'utilisation de différentes méthodes de radiochronologie et discuter de leurs domaines d'application **• Échelle chronostratigraphique :** - relier les principes de chronologie relative et la construction de l'échelle chronostratigraphique - distinguer les différents degrés de découpage de l'échelle chronostratigraphique : ères, périodes, étages et biozones - définir la notion de stratotype et de GSSP pour expliquer la définition des étages stratigraphique et des subdivisions plus grandes (périodes, ères) - nommer les ères et les périodes géologiques - associer les limites des ères à leurs âges absolus ; *les âges absolus des périodes ne sont pas exigibles*
• Caractériser et expliquer les variations climatiques *- indices de variations climatiques (géomorphologiques, sédimentaires, géochimiques, paléontologiques) ; facteurs de contrôle des variations climatiques (paramètres orbitaux de la Terre, variation de la teneur en CO_2 atmosphérique).*	**• Indices des variations climatiques :** - énoncer le principe de l'actualisme - utiliser des indices géomorphologiques (modelé glaciaire, terrasses fluvio-glaciaires), sédimentaires (moraines/tillites, loess, kaolin, bauxite, évaporites), géochimiques ($\delta^{18}O$ des glaces et des carbonates, δD des glaces) et paléontologiques (fossiles de faciès, diagrammes polliniques) pour reconstituer un paléoclimat et une paléozonéographie - déterminer des grains de pollen à l'aide d'une clé de détermination fournie et reconstituer des variations climatiques à l'aide de données sur les préférences écologiques des végétaux - sur une carte géologique au 1/50 000, identifier les traces des dernières périodes glaciaires (Mindel, Riss, Würm) **• Facteurs de contrôle des variations climatiques :** - caractériser les principaux réservoirs géologiques du carbone (volume, chimie, temps de résidence) et les phénomènes géologiques influant sur le cycle - relier les variations climatiques avec • les variations des paramètres orbitaux (théorie de Milankovitć), • les variations de la teneur en gaz à effet de serre à différentes échelles de temps (solubilité du CO_2 dans l'océan, altération des roches, volcanisme, production primaire et fossilisation de la matière organique), • les variations de l'albédo (calottes polaires, aérosols), • les variations de la circulation océanique - identifier les contributions biologiques et les contributions géologiques à la mise en place d'une glaciation - utiliser des indicateurs de la production primaire ($\delta^{13}C$ des carbonates) et de l'altération des roches ($^{87}Sr/^{86}Sr$) au cours des temps géologiques - identifier des boucles de rétroaction positives / négatives

© www.devenirenseignant.gouv.fr

	- expliquer la notion de forçage radiatif - identifier différents types de forçages, naturels (activité solaire et volcanisme) et anthropiques (émission de GES…) - évaluer les effets d'une perturbation du système climatique en termes d'amplitude et de temps de retour à l'équilibre du système *Voir partie « Les grands cycles biogéochimiques et leur lien avec le changement climatique » pour la présentation du cycle du carbone et ses principaux flux et processus associés* **• Histoire du climat de la Terre :** - mettre en relation les principales étapes de l'évolution de la composition de l'atmosphère au cours des temps géologiques avec l'évolution de la vie et le cycle du carbone - décrire les variations climatiques de la Terre à différentes échelles de temps : alternance d'ères glaciaires (ex. suggérés : *Snow-Ball*, glaciation Permo-Carbonifère) et d'ères chaudes (ex. suggéré : Crétacé), alternance des périodes glaciaires et interglaciaires au Quaternaire - relier les événements anoxiques océaniques à la géodynamique interne et aux processus de production et préservation de la matière organique - argumenter le réchauffement climatique actuel - analyser différents scénarios de réchauffement climatique à partir des projections présentées dans les rapports du GIEC - montrer que les scénarios du GIEC contiennent une part d'incertitude sur les données et sur les modèles
• Mobiliser et croiser des données pour appréhender des éléments de géologie régionale *- établissement d'une chronologie d'événements géologiques ;* *- reconstitution d'une histoire géologique locale ; intégration au sein d'un contexte régional (bassin, massif ancien, chaîne de montages) et plus global (cycle de Wilson)*	**• Reconstitution d'une histoire géologique locale :** - établir une chronologie d'événements géologiques à partir de cartes géologiques au 1/50 000, au 1/250 000 ou d'un extrait de la carte géologique de la France au millionième, éventuellement assortis à des coupes géologiques, des photographies d'affleurement ou des échantillons de roches **• Intégration au sein d'un contexte régional :** - identifier le grand ensemble géologique auquel appartient une région à partir de son histoire géologique : massif ancien (orogène cadomien ou hercynien), chaîne de montagnes récente (Pyrénées et Provence calcaire, Alpes, Jura), bassin intracratonique (Bassin Parisien, Bassin Aquitain septentrional), bassin flexural (bassins molassiques alpins, Bassin Aquitain méridional), rift péri-alpin (Fossé Rhénan, Limagnes, Fossé de la Bresse, Bassin du Sud-Est), arc volcanique de zone de subduction (Martinique, Guadeloupe), volcan de point chaud (Réunion) **• Histoire géologique de la France métropolitaine et cycles de Wilson :** - relier les grands ensembles géologiques visibles sur la carte de France au millionième aux grandes étapes de l'histoire géologique de la France métropolitaine (Corse incluse) - retrouver sur la carte au millionième les principaux massifs anciens et les relier aux cycles orogéniques concernés (orogenèses cadomienne, hercynienne et alpine)

© www.devenirenseignant.gouv.fr