

La Terre, la vie et l'organisation du vivant



Génétique et évolution.

Cette partie s'inscrit dans une logique d'approfondissement des acquis des années précédentes, notamment des concepts de biodiversité et d'évolution. Dès la classe de seconde, la diversité génétique et les processus évolutifs ont été abordés dans le contexte de la biodiversité. En classe de première, les mécanismes à l'origine des mutations ont été identifiés, ainsi que leurs effets sur la santé humaine.

En classe terminale, **il s'agit de comprendre comment la reproduction sexuée forme des génomes individuels et contribue à la diversification du vivant, aux côtés d'autres processus génétiques et non génétiques.** L'élève consolide ses acquis en génétique et découvre les techniques qui aboutissent à la connaissance du génome de chaque individu. Il comprend que l'hérédité n'est pas exclusivement liée à l'ADN.

PROGRAMME	OBJECTIFS/Précisions	NOTIONS/Liens	Proposition d' IDEES CLES	Des exemples d' ARGUMENTS
<p>L'origine du génotype des individus</p> <p>1 La conservation des génomes : stabilité génétique et évolution clonale En enseignement de spécialité de la classe de première, les élèves ont appris que la succession de mitoses produit un clone, c'est-à-dire un ensemble de cellules, toutes génétiquement identiques, aux mutations près. Ces clones sont constitués de cellules séparées (cas des nombreuses bactéries ou de nos cellules sanguines) ou associées de façon stable (cas des tissus solides). En l'absence d'échanges génétiques avec l'extérieur, la diversité génétique dans un clone résulte de l'accumulation de mutations successives dans les différentes cellules. Tout accident génétique irréversible (perte de gène par exemple) devient pérenne pour toute la lignée (sous-clone) qui dérive du mutant.</p> <p>2 Le brassage des génomes à chaque génération : la reproduction sexuée des eucaryotes La fécondation entre gamètes haploïdes rassemble, dans une même cellule diploïde, deux génomes d'origine indépendante apportant chacun un lot d'allèles. Chaque paire d'allèles résultant est constituée de deux allèles identiques (homozygotie) ou de deux allèles différents (hétérozygotie). En fin de méiose, chaque cellule produite reçoit un seul des deux allèles de chaque paire avec une probabilité équivalente. Pour deux paires d'allèles, quatre combinaisons d'allèles sont possibles, équiprobables ou non en cas de gènes liés. Le nombre de combinaisons génétiques possibles dans les gamètes est d'autant plus élevé que le nombre de gènes à l'état hétérozygote est plus grand chez les parents.</p> <p>3 Comprendre les résultats de la reproduction sexuée : principes de base de la génétique L'analyse génétique peut se fonder sur l'étude de la transmission héréditaire des caractères observables (phénotype) dans des croisements issus le plus souvent de lignées pures (homozygotes) et ne différant que par un nombre limité de caractères. Dans le cas de l'espèce humaine, l'identification des allèles portés par un individu s'appuie d'abord sur une étude au sein de la famille, en appliquant les principes de transmission héréditaire des caractères. Le développement des techniques de séquençage de l'ADN et les progrès de la bioinformatique donnent directement accès au génotype de chaque individu comme à ceux de ses ascendants et descendants. L'utilisation de bases de données informatisées permet d'identifier des associations entre certains gènes mutés et certains phénotypes.</p> <p>4 Les accidents génétiques de la méiose Des anomalies peuvent survenir au cours de la méiose : <i>crossing-over</i> inégal ; migrations anormales de chromatides au cours des divisions de méiose... Ces accidents, souvent létaux, engendrent parfois une diversification importante des génomes et jouent un rôle essentiel dans l'évolution biologique (familles multigéniques, barrières entre populations...).</p>	<p>Objectif : il s'agit d'abord d'identifier les conséquences génétiques, pour les individus, des divisions cellulaires étudiées en classe de première. Cela permet aussi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de comprendre que la reproduction sexuée garantit l'émergence de nouveaux génomes chez les êtres vivants, en tolérant des erreurs (qui deviennent des innovations) au sein d'espèces vivantes de plus en plus complexes à l'échelle des temps géologiques ; - d'acquérir les principes de bases de l'analyse génétique sur des exemples simples <p>Précisions : on s'appuie sur l'exemple de l'être humain ou sur ceux d'organismes eucaryotes modèles en génétique parmi les animaux, les plantes ou les ascomycètes. On ne traite pas d'exemples de croisement génétique pour plus de deux paires d'allèles.</p>	<p>Notions fondamentales : clone ; brassage génétique (combinaison d'allèles) inter- et intra-chromosomique (crossing-over) au cours de la méiose ; diversité des gamètes ; stabilité des caryotypes ; distinction reproduction et sexualité ; diversification génomique.</p> <p>Liens : SVT – enseignement de spécialité en classe de première : mitose et méiose ; mutations ; variation génétique et santé.</p>	<p>Associer la notion de clone à la production de cellules génétiquement identiques, aux mutations près.</p> <p>Relier la diversité génétique des cellules d'un clone obtenu par mitoses à l'accumulation des mutations ou accidents génétiques au cours du temps</p> <p>Expliquer la stabilité du caryotype au cours des générations par les mécanismes compensatoires : méiose et fécondation</p> <p>Expliquer l'origine de la diversité allélique des gamètes produit par un individu ainsi que ses conséquences sur le génotype de la cellule œuf. (Mise en évidence les brassages interK et intraK lors de la méiose)</p> <p>Relier la diversité allélique des génomes (combinaisons alléliques) à l'aléatoire de la reproduction sexuée (brassages génétiques) et à la fréquence de l'hétérozygotie des gènes</p> <p>Relier la dominance ou la récessivité des allèles des gènes à l'expression phénotypique différentielle de ceux-ci chez les diploïdes</p> <p>Etablir les bases de l'analyse génétique pour expliquer la transmission héréditaire des caractères : (lignée pure, dominance : récessivité, échiquier de croisement, convention d'écritures)</p> <p>Utiliser les principes de la transmission des caractères pour déterminer de façon indirecte les génotypes des individus d'une famille dans l'espèce humaine</p> <p>Utiliser le séquençage ADN et la bio-informatique pour déterminer directement le génotype d'un individu ou pour identifier l'origine des maladies génétiques (mucoviscidose, albinisme)</p> <p>Comprendre que les accidents de méiose peuvent être source de diversification des génomes du vivant</p>	<p>Figures de mitose</p> <p>Comparaison des profils génétiques de cellules appartenant à une lignée cellulaire (avec ou sans mutation sur gène de structure ou de régulation) et leurs conséquences phénotypiques</p> <p>Calcul d'un nombre théorique de mutations</p> <p>Dynamique de la méiose- figures de crossing-over</p> <p>Analyse des fréquences des phénotypes obtenus dans la descendance à partir de croisements variés.</p> <p>Calcul du nombre de combinaisons génétiques possibles</p> <p>Interprétation génétique de croisements d'individus de lignée pure et de croisement test dans le cas de la transmission d'un ou de deux caractères d'origine monogénique.</p> <p>Interprétation d'arbres généalogiques dans l'espèce humaine</p> <p>Comparaison de séquences nucléotidiques d'un gène pour divers individus (sain ou atteint de maladie)</p> <p>Interprétation d'arbres généalogiques dans l'espèce humaine</p> <p>Comparaison de séquences nucléotidiques d'un gène pour divers individus (sain ou atteint de maladie)</p> <p>Comparaison</p> <ul style="list-style-type: none"> - les gènes issus d'une famille multigénique - les caryotypes d'individus atteints de trisomie ou de monosomie.

<p>La complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbiose L'universalité de l'ADN et l'unicité de sa structure dans le monde vivant autorisent des échanges génétiques entre organismes non nécessairement apparentés. Des échanges de matériel génétique, hors de la reproduction sexuée, constituent des transferts horizontaux. Ils se font par des processus variés (vecteurs viraux, conjugaison bactérienne...). Les transferts horizontaux sont très fréquents et ont des effets très importants sur l'évolution des populations et des écosystèmes. Les pratiques de santé humaine sont concernées (propagation des résistances aux antibiotiques).</p> <p>Les endosymbioses transmises entre générations, fréquentes dans l'histoire des eucaryotes, jouent un rôle important dans leur évolution. Le génome de la cellule (bactérie ou eucaryote) intégré dans une cellule hôte régresse au cours des générations, certains de ses gènes étant transférés dans le noyau de l'hôte. Ce processus est à l'origine des mitochondries et des chloroplastes, organites contenant de l'ADN.</p>	<p>Objectif : il s'agit de comprendre ici que des mécanismes non liés à la reproduction sexuée enrichissent les génomes de tous les êtres vivants</p> <p>Précisions : on se limite aux eubactéries. L'exemple de la transformation bactérienne est privilégié pour illustrer les transferts horizontaux ; l'existence d'autres mécanismes peut ensuite être évoquée. Les mécanismes au niveau cytotologique et moléculaire ne sont pas développés.</p>	<p>Notions fondamentales : transferts génétiques horizontaux versus verticaux, endosymbiose, hérédité cytoplasmique, phylogénies</p> <p>Liens : SVT – classe de seconde : la cellule différenciée ; les organites.</p>	<p>Connaitre des mécanismes non liés à la RS (transfert horizontaux de gènes- endosymbioses) à l'origine de la diversification des génomes.</p>	<p>-Comparaison des génomes humain avec des génomes viraux ou bactériens - Comparaison le génome des organites au génome bactérien - comparaison le génome des organites au génome humain</p>
<p>L'inéluçtable évolution des génomes au sein des populations Dans les populations eucaryotes à reproduction sexuée, le modèle théorique de Hardy-Weinberg prévoit la stabilité des fréquences relatives des allèles dans une population. Mais, dans les populations réelles, différents facteurs empêchent d'atteindre cet équilibre théorique : l'existence de mutations, le caractère favorable ou défavorable de celles-ci, la taille limitée d'une population (effets de la dérive génétique), les migrations et les préférences sexuelles. Les populations sont soumises à la sélection naturelle et à la dérive génétique. À cause de l'instabilité de l'environnement biotique et abiotique, une différenciation génétique se produit obligatoirement au cours du temps. Cette différenciation peut conduire à limiter les échanges réguliers de gènes entre différentes populations. Toutes les espèces apparaissent donc comme des ensembles hétérogènes de populations, évoluant continuellement dans le temps.</p>	<p>Objectif : il s'agit avant tout de mobiliser les acquis des élèves sur les mécanismes de l'évolution et de comprendre, en s'appuyant sur des exemples variés, que ces mécanismes concernent toutes les populations vivantes.</p> <p>Précisions : les conditions d'applications du modèle de Hardy-Weinberg sont mobilisées en lien avec l'enseignement scientifique. Une espèce peut être considérée comme une population d'individus suffisamment isolée génétiquement des autres populations.</p>	<p>Notions fondamentales : mutation, sélection, dérive, évolution.</p> <p>Liens : SVT – classe de seconde : biodiversité ; enseignement scientifique de la classe terminale : loi de Hardy-Weinberg</p>	<p>Connaitre les facteurs qui réfutent la loi de Hardy-Weinberg dans une population réelle-</p> <p>Relier les mécanismes évolutifs (sélection naturelle et dérive génétique) à l'évolution des génomes et donc à celle des populations et des espèces au cours du temps.</p>	<p>Comparaison des calculs obtenus des fréquences alléliques dans une population au regard des modifications biotiques ou abiotiques subies par la population au cours du temps</p>
<p>D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant (après les écrits) La diversification phénotypique des êtres vivants n'est pas uniquement due à la diversification génétique. D'autres mécanismes interviennent : - associations non héréditaires (pathogènes ou symbiotes ; cas du microbiote acquis) ; - recrutement de composants inertes du milieu qui modulent le phénotype (constructions, parures...).</p> <p>Chez certains animaux, les comportements acquis peuvent être transmis d'une génération à l'autre et constituer une source de diversité : ainsi du chant des oiseaux, de l'utilisation d'outils dans des populations animales, de la culture notamment dans les sociétés humaines. Ces traits sont transmis entre contemporains et de génération en génération, et subissent une évolution (apparition de nouveaux traits, qui peuvent être sélectionnés, contre-sélectionnés ou perdus par hasard).</p>	<p>Objectif : il s'agit de comprendre, en s'appuyant sur des exemples variés dans le monde vivant, que la diversification des êtres vivants n'est pas toujours liée à une diversification génétique ou à une transmission d'ADN.</p> <p>Précisions : un traitement exhaustif des mécanismes possibles n'est pas attendu.</p>	<p>Notions fondamentales : hérédité non fondée sur l'ADN, transmission et évolution culturelles.</p> <p>Liens : SVT – enseignement de spécialité de la classe terminale : de la plante sauvage à la plante domestiquée.</p>	<p>Comprendre que la diversité du vivant peut avoir pour origine une association entre êtres-vivants et/ou la transmission de comportements.</p>	<p>Exemples de diversification du vivant non génétique. (symbiose-comportements acquis)</p>