



La vie se transforme sans cesse

Le chimpanzé Pan troglodytes

Le terme chimpanzé désigne deux espèces de singes : le chimpanzé commun (Pan troglodytes) et le chimpanzé nain ou Bonobo (Pan paniscus). La répartition géographique du chimpanzé commun s'étend à proximité de l'équateur de la côte ouest de l'Afrique (Sierra Leone) aux lacs Victoria et Tanganyika. Le Bonobo ne se trouve, lui que dans l'est du bassin du Congo.

Les activités humaines menacent les chimpanzés comme les autres espèces d'Hominoïdés, et ils sont donc l'objet d'un programme de protection des Nations Unies. On compte au maximum 20 000 Bonobos en république du Congo et environ 100 000 chimpanzés dont 80 % sont en Afrique centrale

Les Bonobos sont plus minces et plus élancés que les chimpanzés communs.

Leur crâne est plus petit et arrondi, leur peau est noire, et ils présentent au sommet du crâne une touffe de poils aplatie ; leurs oreilles sont cachées par leur pilosité.

À l'inverse, les chimpanzés communs ont une peau claire, le crâne passablement dégarni et des oreilles décollées bien visibles.

L'Homme et les grands singes

L'arbre phylogénétique des primates montre les parentés existant entre l'Homme et les grands singes. L'Homme et les chimpanzés forment le groupe des hominés. En y adjoignant les gorilles, on forme le groupe des hominidés. Ajoutons les pongidés (les Orangs-outans) et nous obtenons les hominoïdés...

Toute cette parenté est établie sur la base des méthodes de la cladistique et de la phénétique moléculaires (voir la fiche "La vie a une histoire"). Les plus proches parents de l'Homme sont ainsi les chimpanzés, et plus précisément les Bonobos.

Les différences entre l'Homme et le chimpanzé

L'analyse comparée du matériel génétique de l'Homme et du chimpanzé peut se faire à différents niveaux. On peut comparer les séquences d'ADN, et on peut comparer les caryotypes.

La première approche révèle une parenté génétique de l'ordre de 98 à 99 %. Cela signifie qu'il n'y a pas plus de 1 à 2 % de différences entre les séquences de l'ADN humain et celles de l'ADN d'un chimpanzé. Ce sont ces études qui ont permis de construire un arbre où l'Homme est plus proche du chimpanzé que du gorille et où le chimpanzé est plus proche de l'Homme que du gorille.

L'étude des caryotypes révèle également de profondes similitudes mais souligne clairement une modification de l'organisation spatiale du génome entre les deux espèces.

Des mécanismes de spéciation ?

L'Homme possède un chromosome de moins que le chimpanzé ; il s'agit en réalité du résultat d'une fusion entre deux chromosomes. Là où le chimpanzé possède deux chromosomes distincts, l'Homme en présente un seul. On observe également 9 inversions ; il s'agit du retournement d'un fragment de chromosome incluant le centromère. Enfin, il y a une addition sur le chromosome 1 humain et une sur le chromosome 13 de chimpanzé.

Ces remaniements chromosomiques s'observent fréquemment entre espèces apparentées, mais ils ne sont pas la règle. Lorsqu'ils se produisent, ils peuvent affecter les taux d'expressions relatifs de différents gènes, provoquant ainsi des différences dans le phénotype des individus.

De plus, ces remaniements de chromosomes entérinent plus facilement l'isolement reproducteur des deux espèces. Une méiose n'est pas possible sur un génome hybride dont les chromosomes diffèrent autant.



LYCÉE

Sciences de la vie et de la Terre

1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Seconde

partie "cellule, ADN et unité du vivant"
...en particulier "universalité de la molécule d'ADN", permettant de comprendre la possibilité de transgénèse

Première ES et L

Thème "la place de l'Homme dans l'Évolution".

Ce thème a donc pour objectif de montrer que la parenté entre les êtres vivants est le fruit d'une longue histoire jalonnée d'innovations génétiques, issues de restructurations des génomes. Dans le cadre de l'étude critique de textes scientifiques fondateurs de théories de l'évolution, ce thème peut trouver des attaches avec l'enseignement ultérieur de philosophie en classe terminale.

Thème "du génotype au phénotype, applications biotechnologiques".

Ce thème permet d'aborder une réflexion critique sur l'étude des génomes et sur l'utilisation des biotechnologies particulièrement d'actualité dans le domaine biomédical et dans celui de l'éthique. On est bien ici dans une "transformation de la vie".

Terminale S enseignement général

Parenté entre êtres vivants actuels et fossiles – Phylogénèse – Évolution (I.2)
Stabilité et variabilité des génomes et évolution (I.3)

Terminale S enseignement de spécialité

Des débuts de la génétique aux enjeux actuels des biotechnologies

2. Quelles problématiques aborder ?

L'affiche présente un chimpanzé adulte qui manipule un fruit sous le regard attentif de deux individus plus jeunes. On ne pouvait mieux exprimer le partage du savoir, la transmission des connaissances, ici à la fois fondamentale (quel fruit ?) et technique (comment je l'ouvre ?), qui caractérisent nombre de primates, et notamment tous les hominoïdes.

Cette photo est également très "touchante" tant les chimpanzés nous apparaissent à la fois si proches et si éloignés :

- proches par leurs capacités intellectuelles, leur organisation sociale et la (les) culture(s) qu'ils ont développée(s), la façon également dont ils expriment leurs émotions par le regard et les expressions faciales ;
- loin pourtant par leur phénotype si différent du nôtre pour des animaux qui partagent avec nous une si grande proportion de leur patrimoine génétique.

La richesse de cette photo permet de l'utiliser pour introduire de très nombreuses problématiques.

Pour l'homme et le chimpanzé, quel ancêtre commun ?

Aborder la problématique de l'ancêtre commun par la relation homme-chimpanzé permet de proposer un exemple simple pour aborder une question complexe, celle de l'ancêtre commun dans sa définition phylogénétique comme dans sa définition paléontologique.

Cette photo permet d'aborder l'ancêtre commun par son aspect réel :

la ressemblance entre le chimpanzé et l'homme est trop frappante, au-delà du phénotype, dans les expressions et les intentions, pour ne pas s'interroger sur la réalité et la nature de cet ancêtre commun, pour ne pas tenter de lui donner une chair - "Quelles caractéristiques anatomiques, morphologiques, moléculaires et génétiques ?"

Un questionnement classique que l'on peut pousser de plus en plus loin à l'aide du séquençage des génomes.

Évolution, classification phylogénétique et mécanismes évolutifs : des aspects génétiques aux aspects comportementaux

On peut aussi s'interroger sur l'intérêt des travaux de génétique moléculaire les plus récents (séquençage des génomes).

- Quels apports réels dans l'étude de la phylogénie au sein d'un taxon comme celui des Hominidés ?
- Quels impacts sur les travaux de paléontologie (dans quelle période chercher la population ancestrale, où ?) et de paléoanthropologie (dans quel taxon placer le dernier fossile exhumé, pourquoi ?).

Les travaux de génétique moléculaire permettent d'identifier les mutations qui ont ou pourraient avoir une importance dans la divergence des deux taxons (Homininés et Panines). Les mutations et la sélection à laquelle certaines d'entre elles sont soumises peuvent donc être abordées avec la comparaison homme-chimpanzé. Nous sommes là dans l'approche classique de l'évolution des organismes. Ce qui est défini dans cet exemple peut être réinvesti dans d'autres.

Mais la photo permet aussi de s'interroger sur un autre mécanisme de l'évolution de certains organismes vivants : la transmission des acquis à la descendance par le biais de l'éducation (une "hérédité lamarckienne" contre ou avec hérédité darwinienne). La question de l'inné et de l'acquis, et de la part que chacun prend en fonction du taxon étudié, est une problématique interdisciplinaire intéressante en terminale comme en première littéraire.

Mais cette photographie mène aussi à d'autres interrogations : quels comportements face à la nouveauté, au changement, à la perte de l'autre, à la solidarité du groupe ? Ce type de problématique, moins couramment abordé, est inséparable de l'existence d'une vie sociale (qui n'est pas propre aux Hominidés) et de celle d'une culture (qui est, elle, un caractère dérivé commun au moins aux humains, chimpanzés et orangs-outans) dans l'étude des parentés. Et comment les utiliser ?

Des interrogations éthiques radicalisées par la parenté : des "utilisations du chimpanzé" à la préservation de l'espèce

La force "humaine" de cette photo, et les données scientifiques apportées par la génétique et la paléoanthropologie incitent à aborder des questions d'éthique, dans une démarche interdisciplinaire.

La classification des "grands singes" a fortement évolué ces dernières années, et des débats sont encore en cours. Parmi ceux-là, pourquoi ne pas placer les chimpanzés dans le même genre que nous, le genre Homo ? Une telle question interroge les méthodes de classification (donc à la fois la démarche scientifique et la réflexion philosophique), la place des données moléculaires par rapport aux autres données (et donc l'importance que l'on doit leur donner), mais aussi des données culturelles et comportementales.

Et si cette question est scientifiquement et philosophiquement légitime, le débat peut aussi s'engager sur une voie éthique : commerce (le commerce des espèces vivantes est le second plus lucratif après celui de la drogue et avant celui des esclaves humains et des armes) et exploitation de loisir (cirque, zoos), utilisation comme cobaye en recherche médicale, problème de la viande de brousse...

Enfin, le chimpanzé peut être considéré comme un symbole dans la réflexion sur le développement durable : comment en effet protéger les chimpanzés sans protéger leur environnement ?

L'étude de leur régime alimentaire et de leur cycle de vie permet de s'interroger sur les surfaces à protéger, leur organisation spatiale (question des couloirs verts) et sur la biodiversité végétale mais aussi animale à préserver.

On peut alors montrer que s'investir sérieusement dans la protection d'une espèce (pour le moins symbolique) implique de développer des programmes de préservation des milieux à grande échelle.

Et de revenir au questionnement bioéthique : est-il finalement important de protéger le chimpanzé ? Vivrons nous mieux ou moins bien s'il disparaît ? Nous, ici, Européens ? D'autres, ailleurs, Africains qui partagent la forêt avec les chimpanzés ?

3. Quels contenus et notions mobiliser ?

Premières ES et L

"Les génomes des espèces sont des archives. Ils permettent d'imaginer les événements génétiques moléculaires de l'évolution qui ont conduit à des innovations, à leur diversification et à leur complexification."

"Diverses caractéristiques morpho-anatomiques et comportementales contribuent à définir le genre Homo (volume et morphologie crânienne, bipédie, fabrication d'outils, vie sociale et culturelle)."

"Les données moléculaires confortent l'idée que c'est avec le chimpanzé que l'homme partage l'ancêtre commun le plus récent. Cet ancêtre commun n'est pas un chimpanzé ni un homme. Il devait posséder des caractères appartenant à la fois à l'homme et au chimpanzé. Parmi ces caractères figurent un répertoire locomoteur incluant une certaine forme de bipédie et l'usage d'outils."

Terminale S enseignement général

"L'établissement des relations de parenté entre les vertébrés actuels s'effectue par comparaison de caractères homologues ([...], moléculaires)."

"L'homme partage un ancêtre commun avec le chimpanzé et le gorille. Cet ancêtre commun n'est ni un chimpanzé, ni un homme."

Terminale S enseignement de spécialité

"L'utilisation des enzymes de restriction ouvre la voie du clonage des gènes et de leur séquençage. En contribuant à une évolution importante du concept de gène et de la perception du polymorphisme, elle fait entrer la génétique dans l'ère des biotechnologies".

4. Quelles pistes de travail envisager ?

La place prise par la phylogénie est importante dans les programmes de Terminale et Premières ES et L. Le travail réalisé en Première S sur l'expression des gènes et la construction du phénotype prépare les fondements génétiques à la compréhension des mécanismes de l'Évolution et à la démarche phylogénétique en Terminale.

La place accordée à l'histoire de l'homme et à sa parenté avec les chimpanzés est appréciable. Dans le cadre des programmes, cette photographie peut bien sûr venir en écho des contenus scientifiques.

La parenté homme-chimpanzé permet entre autres :

- une réflexion sur le concept d'espèce, fondé entre autres sur les données récentes venant du séquençage des génomes ;
- une réflexion sur les hétérochronies de développement et des gènes du développement comme il est proposé en Terminale S (et en Seconde pour les gènes) et l'intérêt de ce concept dans la compréhension des importantes différences du phénotype macroscopique entre deux espèces si proches génétiquement ;
- une réflexion sur certains aspects de la recherche médicale : étude des génomes et son exploitation dans le domaine des recherches médicales, intérêt dans l'étude des maladies génétiques, comparaison des maladies génétiques de l'homme et du chimpanzé et intérêt pour le développement de traitements, étude des pathologies communes et des aspects épidémiologiques (SIDA, fièvres hémorragiques de type Ebola).

L'interrogation "comment classer l'homme et le chimpanzé ?" au regard de l'ensemble des données est une question qui nous ramène à l'affirmation fondatrice de la classification phylogénétique : la classification des êtres vivants doit nécessairement suivre leur développement généalogique.

La photographie de l'exposition peut être rapprochée de la célèbre caricature de Darwin en singe, par exemple en 1^{ère} L, et d'aborder, à l'aide de textes historiques, l'importance attachée par Darwin à la parenté de l'homme et des grands singes, et des débats homériques qui ont accompagné cette extraordinaire prise de position.

De façon transdisciplinaire, comme dans les TPE, on peut aborder ces questions, en allant jusqu'à la biologie des comportements et son évolution. Des travaux récents et nombreux ont mis à jour l'existence de cultures différentes dans différentes populations de chimpanzés et d'orangs-outans. Et l'existence d'une culture déjà ancienne chez les orangs-outans pour lesquels on dispose de données paléontologiques (ce qui n'est pas le cas des chimpanzés). Les supports audiovisuels sont importants, riches, et certains sont accompagnés de commentaires d'un haut niveau scientifique. L'anthropologie est sans conteste une science interdisciplinaire par excellence.

En relation avec la philosophie, différents débats peuvent être suscités en classe terminale par exemple sur ce qu'est "le propre de l'homme" ? On peut aussi envisager d'aborder les conséquences possibles du séquençage du génome

humain et les craintes qu'il a pu faire naître (craintes sur l'exploitation des données génétiques personnelles par des assurances, des employeurs, des gouvernements...). Si ces craintes sont légitimes et à discuter, elles ne doivent pas prendre une ampleur millénariste : les apports de ces études fournissent aussi des réponses à des questions qui concernent nos origines et ouvrent des horizons nouveaux à notre espèce et ses proches parents. Cela peut être l'occasion, pour tous, de discuter la place de la recherche scientifique dans la société, voire de discuter ce qu'est réellement une "recherche scientifique".

Pour toutes ces questions, on interroge simultanément la science et l'éthique. On sait le débat de société que constitue aujourd'hui l'utilisation du chimpanzé comme "modèle" en recherche médicale ou en recherche fondamentale (par exemple en neurophysiologie). L'approche par les aspects légaux du statut de l'animal se trouve ici complexifiée par la parenté avec l'homme et la perception que l'on peut en avoir.



La vie se transforme sans cesse

EN SAVOIR PLUS

8

Livres

- *Aux origines de l'humanité* - tome 2, Collectif sous la direction de P. Picq et Y. Coppens, Ed. Fayard 2002
- Dossier Pour La Science, *L'évolution*, hors série Janvier 1997
- Dossier Pour La Science, *La valse des espèces*, hors série Juillet 2000
- Guillaume Lecointre, Hervé Le Guyader, *Classification phylogénétique du vivant*, Belin 2001
- Guillaume Lecointre (sous la direction de), *Comprendre et enseigner la classification du vivant*, Belin 2004
- Mark Ridley, *Évolution biologique*, De Boek Université 1998
- Francine Brondex, *Évolution : synthèse des faits et théorie*, Dunod 1999