

**Compétences :** Distinguer une croyance ou une idée d'un savoir scientifique - Comprendre l'évolution d'un savoir scientifique

**Objectif :** A partir des documents suivants accompagnés d'aides à l'exploitation par les élèves et de compléments pédagogiques pour les enseignants, définir les caractéristiques d'une théorie scientifique. Ces notions permettront d'aborder en cycle 3 et 4 la compétence : « Distinguer une croyance ou une idée d'un savoir scientifique - Comprendre l'évolution d'un savoir scientifique »

La théorie scientifique choisie est la théorie de l'évolution et son corollaire, la sélection naturelle, abordée en cycle 4 et au lycée.

Les exemples choisis ont, dans la mesure du possible, un lien avec les ressources ardéchoises dont la Caverne du pont d'arc, la cité de la préhistoire d'Orgnac et le site de Soyons.



### ACTIVITE 1 : Un exemple de théorie scientifique... la théorie de l'évolution.

#### Document 1 : Le cou de la girafe

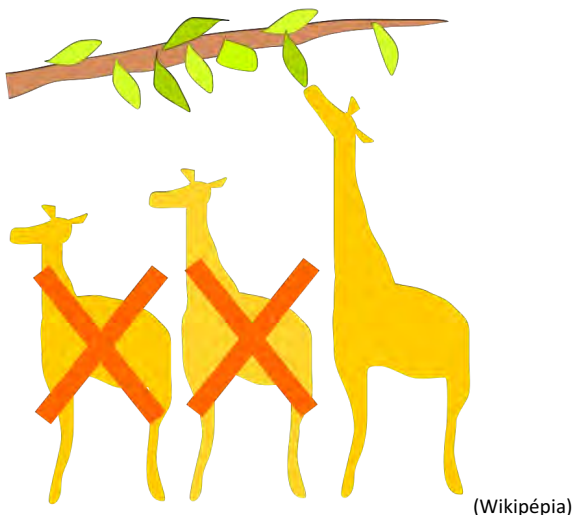
« ... on sait que cet animal, le plus grand des Mammifères, habite l'intérieur de l'Afrique, et qu'il vit dans des lieux où la terre, presque toujours aride et sans herbage, l'oblige de brouter le feuillage des arbres, et de s'efforcer continuellement d'y atteindre. Il est résulté de cette habitude, soutenue, depuis longtemps, dans tous les individus, que ses jambes de devant sont devenues plus longues que celles de derrière, et que son col s'est tellement allongé, que la Girafe, sans se dresser sur les jambes de derrière, élève sa tête et atteint à six mètres de hauteur. »

**Lamarck, 1809**

« La haute stature, l'allongement du cou, des membres antérieurs, de la tête et de la langue sont chez la Girafe, des conditions qui adaptent admirablement sa charpente entière à l'habitude de brouter sur les branches élevées des arbres. Elle peut ainsi trouver une nourriture hors de portée pour les autres Ongulés habitant le même pays ce qui doit, pendant les disettes, lui être très avantageux (...). De même pour la Girafe naissante dans la nature, les individus les plus élevés et capables ainsi de brouter un pouce ou deux plus haut que les autres, ont souvent pu être conservés en temps de famine, car ils ont dû parcourir tout le pays à la recherche de nourriture... »

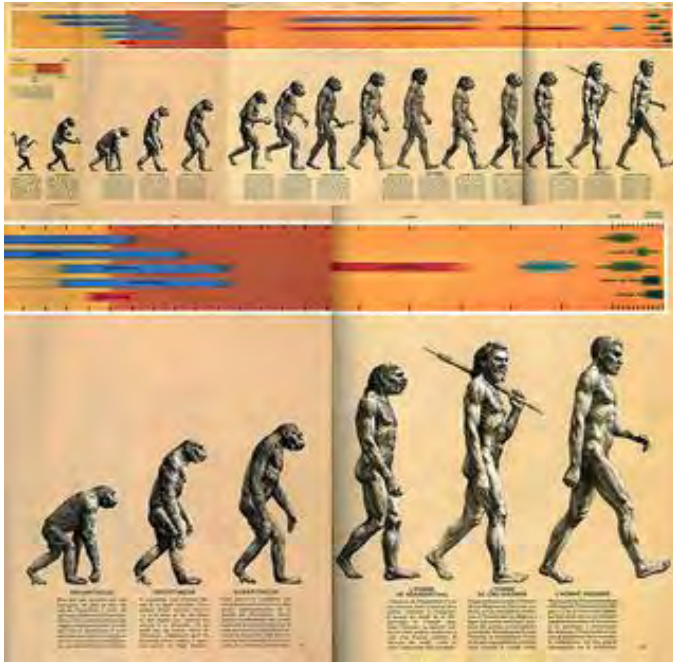
« ...les individus ayant une ou plusieurs parties plus allongées qu'à l'ordinaire, ont dû en général seuls survivre. Leur croisement a produit des descendants soit héritant des mêmes particularités corporelles, soit d'une tendance à varier de la même manière tandis que les individus moins favorisés sous les mêmes rapports auront été plus exposés à périr. »

**Darwin, 1872**



## Document 2 : L'évolution de l'Homme ?

- Faire une recherche d'images dans le moteur de recherche « Qwant » sur Internet en tapant cette expression : « évolution homme ».
- Sauvegardez une ou plusieurs images qui vous semblent scientifiquement la plus juste. (Attention de respecter les droits de la propriété intellectuelle en citant le site, l'auteur)  
<https://www.qwant.com>



The original March of Progress illustration from Early Man (1965) – [Wikipédia](#)

Dépliant d'une revue de 1965 montrant l'ensemble des espèces (connues à l'époque !) qui pourraient être à l'origine de l'homme moderne.

### QUESTIONS :

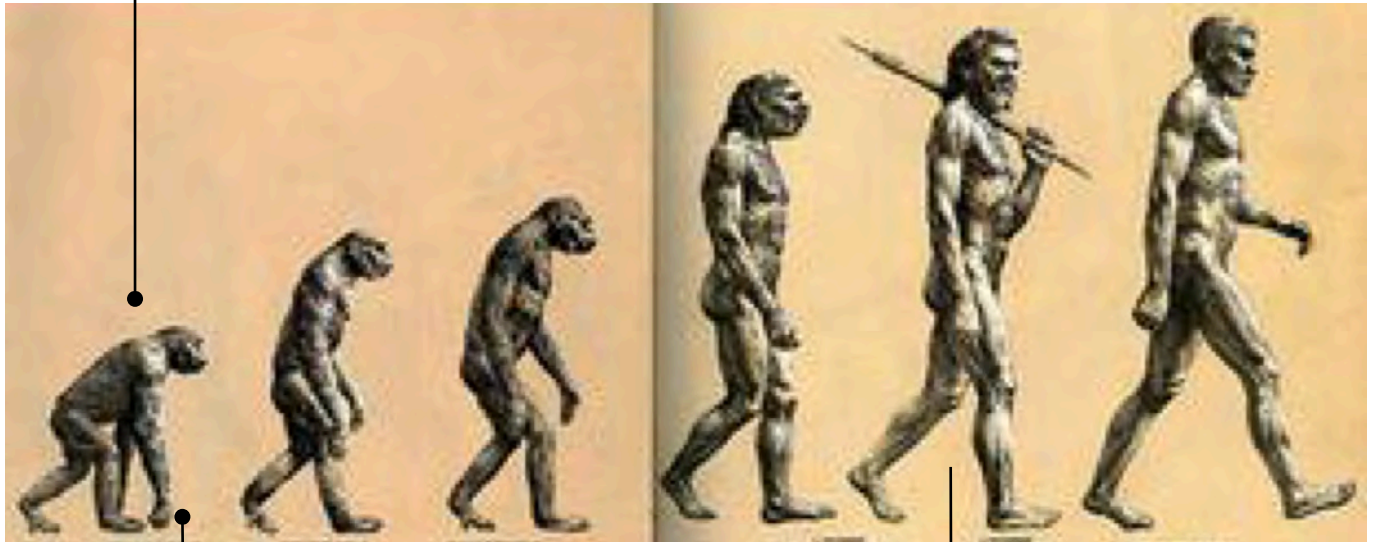
1. Quelle est la différence principale entre les explications de Lamarck et celles de Darwin ?
2. Pourquoi les girafes naissent-elles avec un long cou ?
3. Quel type d'images trouvez-vous le plus souvent ? Sont-elles identiques à celle du document ci-dessus ? Pensez-vous qu'elles soient scientifiquement exactes ? Argumentez.

### REPONSES :

1. Pour Lamarck, le besoin de brouter le feuillage en hauteur détermine l'allongement du cou, et cette caractéristique acquise dans la vie d'une girafe se transmet d'une génération à l'autre.  
Pour Darwin, il existe des différences héréditaires dans la longueur du cou des girafes et celles qui ont le cou le plus long ont plus de chances de survie. Cette caractéristique héréditaire est sélectionnée par la nature d'une génération à l'autre.  
Dans son livre, l'origine des espèces, Darwin montre une « lutte pour l'existence », c'est-à-dire que tous les individus ne survivent pas, donc ne laissent pas de descendants. Les individus présentant le meilleur succès reproductif sont ceux qui possèdent des variations avantageuses.
2. Les réponses des élèves sont à collecter.  
Les élèves devront être capable en fin d'activité d'expliquer pourquoi les girafes ne naissent pas avec un long cou pour mieux se nourrir et ainsi survivre.  
Les girafes naissant (aléatoirement) avec un long cou ont tendance à plus survivre car capable de mieux se nourrir et donc à plus se reproduire. L'(les) allèle(s) contrôlant la longueur du cou se répand(ent) alors dans la population. C'est la sélection naturelle.
3. Image ou dessin comme celui présenté dans le document 2 :  
Faire réfléchir les élèves sur les erreurs possibles de ce document.

L'ancêtre de l'Homme n'est pas un chimpanzé : Nous avons un ancêtre commun avec les grands singes daté à -7/-8 Ma

Notre ancêtre est un singe qui existe encore aujourd'hui



Les ancêtres de l'homme marchaient à quatre pattes.

Toumaï, Orrorin, Lucy ... étaient partiellement bipèdes

Evolution linéaire : Chaque ancêtre a un descendant unique, puis un autre jusqu'à l'Homme moderne qui est une finalité de l'évolution.

Les lignées sont multiples, certaines ont disparues sans descendance : C'est une évolution buissonnante.

Du singe velu à 4 pattes au grand singe voûté puis à l'Homme

grand singe moderne barbu sur ses 2 jambes tenant une lance avec une pointe en silex : Une représentation symbolique fausse !

Cette image semble vouloir montrer un progrès dans l'anatomie, les connaissances, la culture.

L'Homme n'est pas plus évolué que n'importe quel autre être vivant (voir la représentation circulaire de la classification).

Chaque espèce a évolué de façon optimale pour transmettre ces gènes en lien avec son environnement.

Cette notion de progrès nécessaire est remplacée par un processus contingent qui se déroule à travers des « accidents » dans l'histoire de l'Homme (extinctions, diversifications ...).

Cette « évolution linéaire » de ces images renvoie à la notion de chaînon manquant (déjà citée par DARWIN qui note la nécessité de la recherche d'intermédiaires pour prouver par la paléontologie l'évolution de l'Homme) : Recherche de la « forme » qui allait donner naissance à la « forme » suivante. Dans la représentation buissonnante de l'évolution de l'Homme, cette notion n'a pas de sens.

#### Liens

<https://www.hominides.com/html/theories/evolution-de-l-homme-representation-dessin.php>

<http://histoirevisuelle.fr/cv/icones/207>

<http://edu.mnhn.fr/course/view.php?id=42>

**ACTIVITE 2 : Observations scientifiques de la théorie (Evolution de la biodiversité)**

**Document 3** - L'évolution de l'Homme : De l'Homme d'Orgnac à l'Aurignacien de la caverne du pont d'arc.

● **Homo heidelbergensis (prénéandertalien) : L'Homme de Orgnac 3**



Reconstitution (sculpture au musée de Tautavel) – Wikipédia



Crâne de l'homme de Tautavel - Wikipédia

Un autre Homo heidelbergensis : L'Homme de Tautavel (300 000 à 450 000 ans BP)

Liens : L'industrie lithique du site pléistocène moyen d'Orgnac 3 (Ardèche)  
([http://www.persee.fr/doc/galip\\_0016-4127\\_1992\\_num\\_34\\_1\\_2296](http://www.persee.fr/doc/galip_0016-4127_1992_num_34_1_2296))



Nucléus et éclat Levallois en silex de Haute-Saône. (Wikipedia)

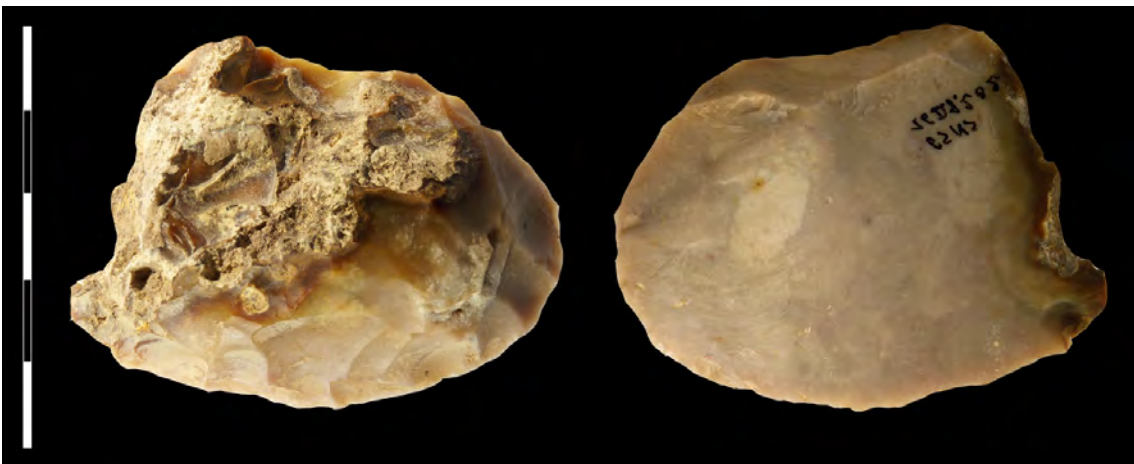
● L'Homo neanderthalensis : l'Homme de Néandertal (450 000 et 35 000 ans BP) de Soyons



Le Néandertalien : Musée Soyons – Ardèche



Crâne d'*Homo neanderthalensis* de La Ferrassie (Wikipédia)



Racloir moustérien en silex de la grotte du Noisetier. Wikipédia

● L'Homo sapiens : L'Aurignacien de la Caverne du pont d'Arc (36 000 ans BP)



L'Aurignacien : Galerie de l'Aurignacien - © Grotte du Pont d'arc



Crâne de la sépulture de Téviec (-6740 à -5680 ans)  
Wikipedia

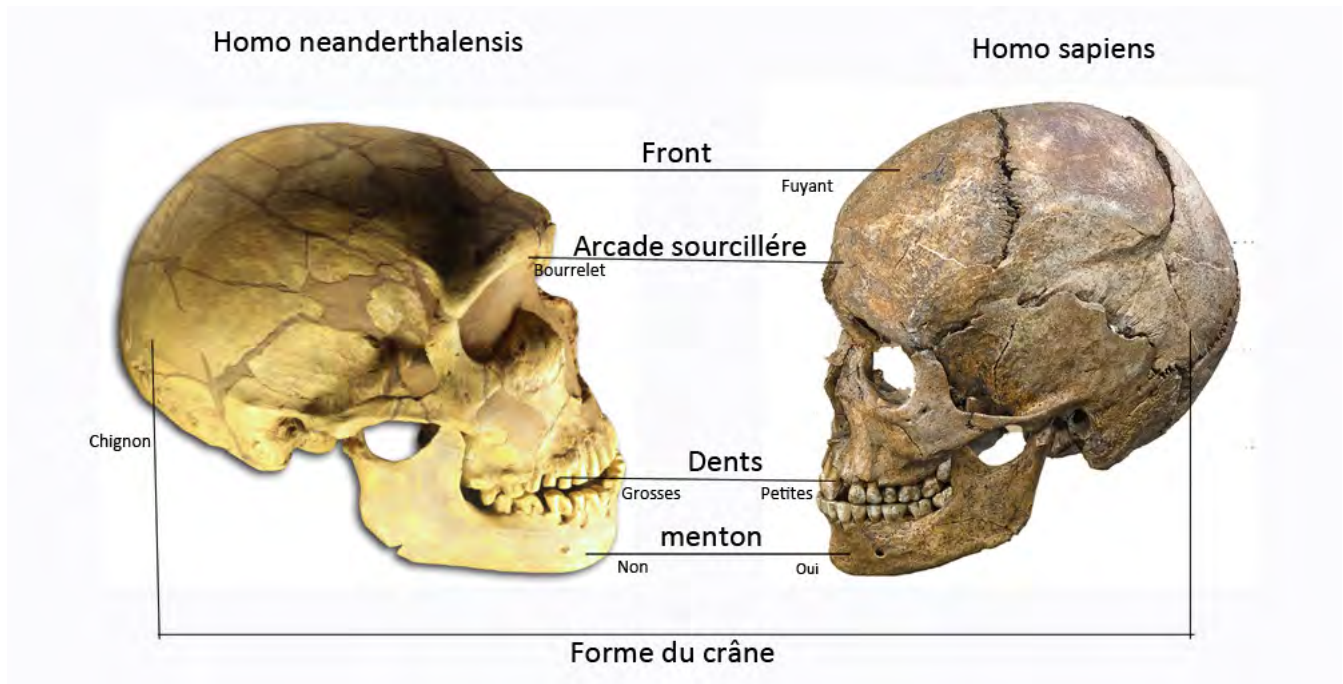
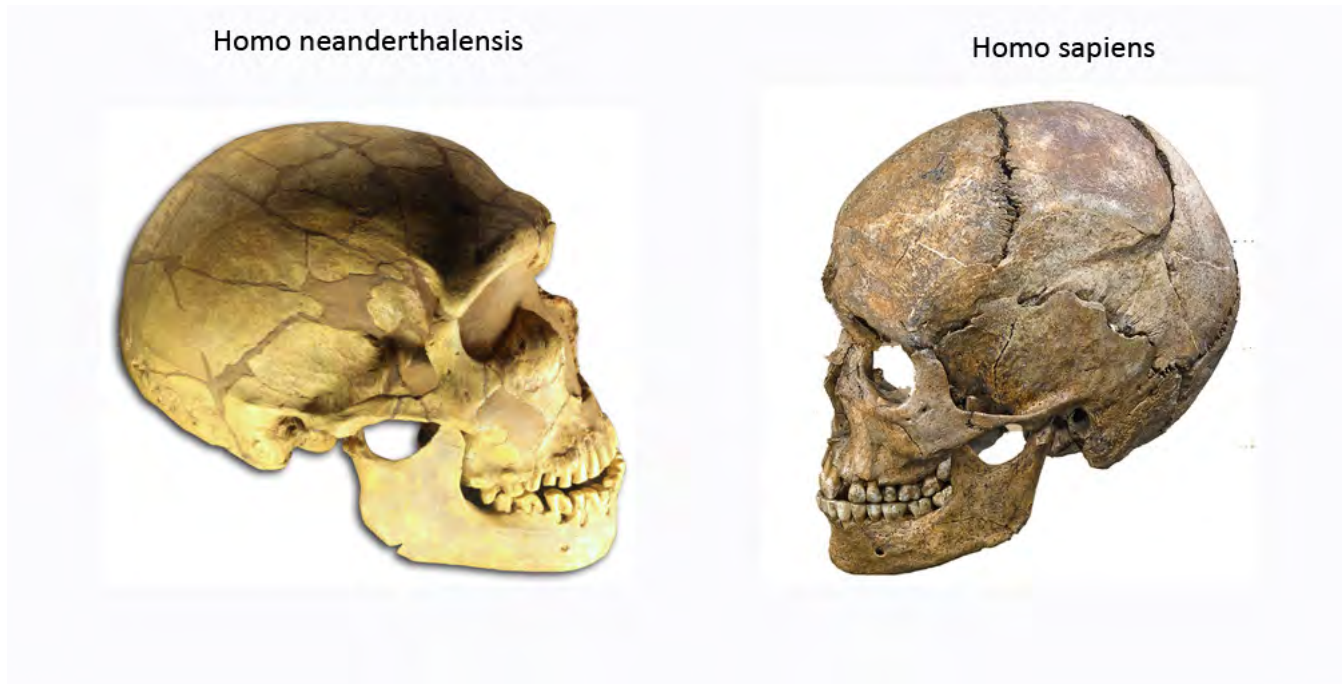


Grattoirs - © Grotte du Pont d'arc

**QUESTIONS**

1. Donnez quelques différences morphologiques observables sur les crânes *d'Homo neanderthalensis* et *d'Homo sapiens*.
3. Décrivez l'évolution des outils de ces 3 espèces.
2. Pourquoi l'étude de ces différentes espèces contredisent-elles le schéma de l'évolution du doc 2 ?

REPONSES



En comparant les périodes de présence, on s'aperçoit que ces espèces ont pu cohabiter : Homo heidelbergensis avec Homo neanderthalensis et Homo sapiens avec Homo neanderthalensis (et même se reproduire : cf. paléogénétique). Donc l'idée d'une évolution linéaire (doc. 2) n'est pas juste. On parlera d'une évolution buissonnante.

**Document 4 : La biodiversité varie au cours du temps**



Lion des cavernes



Lions actuels (savane)



Rhinocéros laineux



Rhinocéros actuel



Mammouth laineux

Galerie de l'Aurignacien - © Caverne du Pont d'arc



Eléphant actuel

Wikipédia

**QUESTION**

Quel est le facteur à l'origine des caractères physiques ou comportementaux des espèces du paléolithique supérieur ?  
Faites une recherche sur Internet (Qwant) pour répondre à cette question : Quels sont les caractères apparus chez le mammoth laineux lui permettant de se protéger du froid ?

**REPONSE**

Au paléolithique supérieur, la Terre connaît son dernier épisode glaciaire. Donc le froid est à l'origine des poils du mammoth ou rhinocéros (conforme avec la théorie de la sélection naturelle)

Le lion des cavernes vivait en hiver principalement dans les cavernes.

Les Proboscidiens : Evolution du genre Elephas (Elephas recki)

La modification des molaires (augmentation de la hauteur et du nombre de lames dentaires - diminution de l'épaisseur d'émail) correspond à un changement de régime composé de plus d'herbes et moins de feuilles donc à un changement climatique.

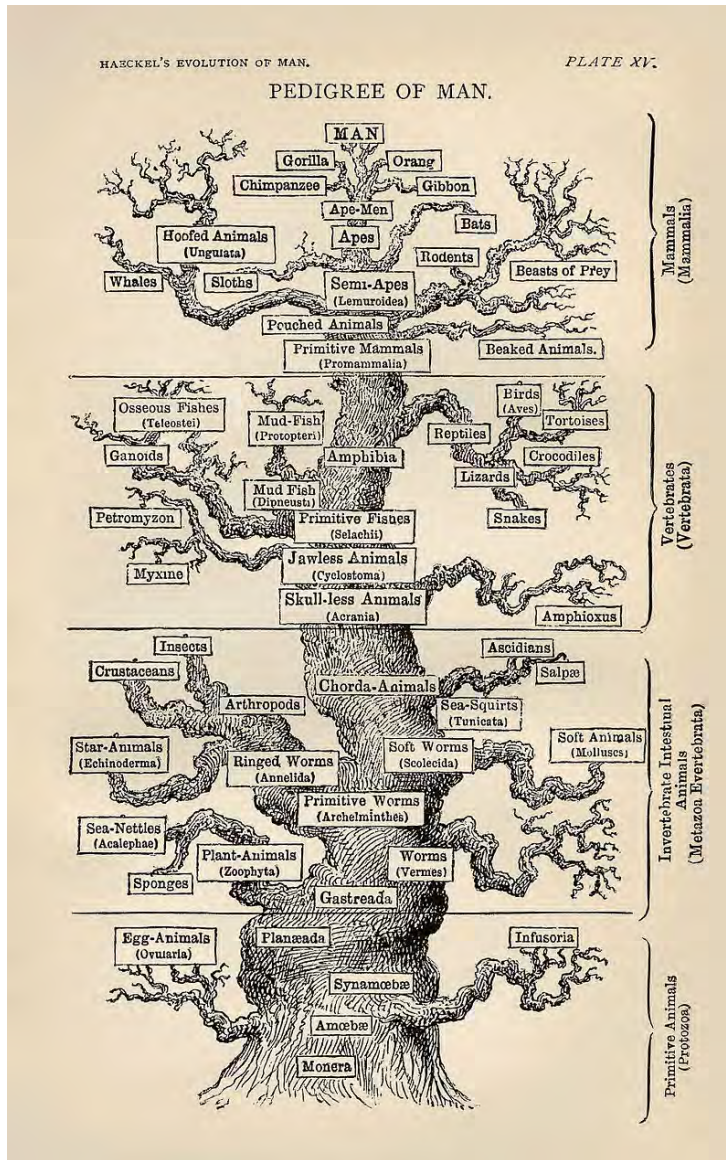
L'adaptation au froid du mammoth laineux (Mammuthus primigenius) : Poils laineux, couche de graisse sous la peau, bosse graisseuse sur le crâne et sur le garrot – repli de peau formant un clapet qui ferme l'anus, isolant l'intérieur du corps – oreilles et queue plus petites.



**ACTIVITE 3 : La représentation de l'évolution – Les arbres  
Phylogénie vs généalogie**

**Document 5 : L'arbre généalogique de Haeckel**

« QUI DESCEND DE QUI ? »



Wikipédia

**Arbre généalogique (1877) de Haeckel** (biologiste et philosophe allemand qui diffusa les idées de Darwin) : Les êtes vivants les plus simples (moins de cellules) étaient plus anciens que les plus complexes comme l'Homme dernier à être apparu sur Terre et se trouvant à la cime de l'arbre.

Notion d'évolution du plus simple vers le plus complexe.

## Document 6 : L'arbre des parentés du bison

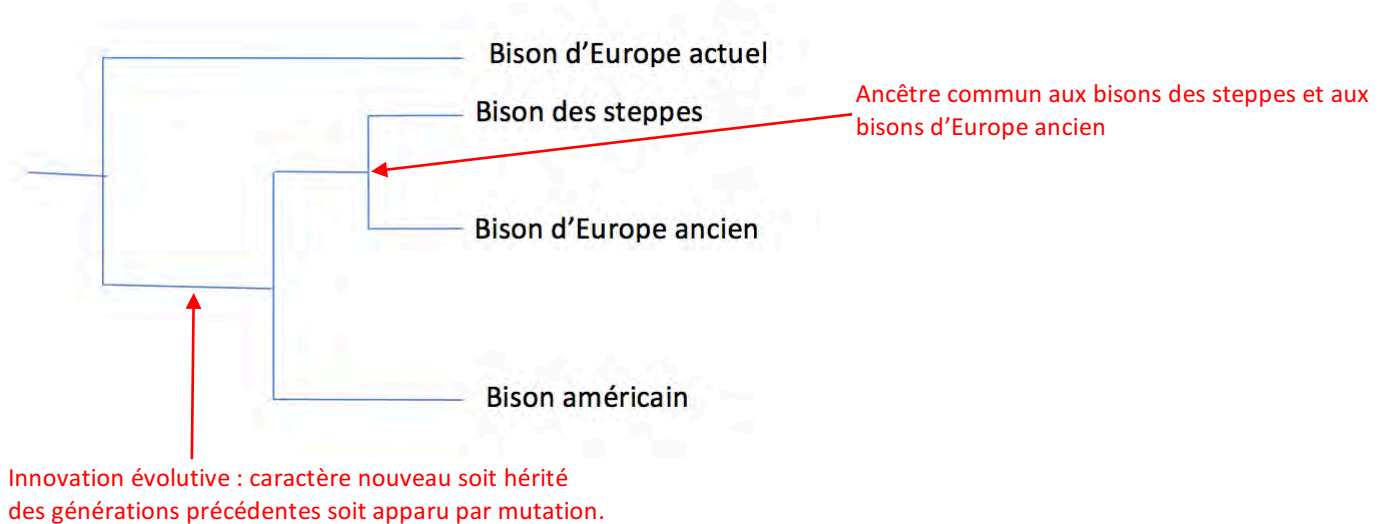
« QUI EST LE PLUS PROCHE DE QUI ? »

**Arbre de parentés ou arbre phylogénétique.**

« Un classificateur d'aujourd'hui commence donc par construire un "arbre" phylogénétique qui exprime des degrés relatifs d'apparentement entre espèces. Puis il en tire sa classification, en emboîtant les groupes les uns dans les autres selon les branches de l'arbre, chacun comprenant un ancêtre hypothétique et tous ses descendants. » **G. Lecointre**

L'observation des êtres vivants a montré leurs différences mais aussi leurs ressemblances. Deux espèces différentes peuvent avoir des attributs communs. Ces individus partagent-ils un ancêtre commun dont ils auraient hérité ces caractères communs ? N'existe-il pas des liens de parentés entre ces espèces ?

Un exemple : Arbre **phylogénétique** simplifié des bisons  
(voir fiche pédagogique : phylogenie\_bisons\_lycee.pdf)



Liens : <http://www.evolution-of-life.com/fr/observer.html>

### QUESTIONS

Tracez un arbre généalogique de votre famille sur 3 ou 4 générations.

Quelles informations vous apportent cet arbre ? Quels ont vos descendants ? vos ascendants ?

### REPONSES

Cet arbre montre les différentes générations avec les descendants et les ascendants dans une même famille.

L'arbre généalogique est une représentation des ascendants (ancêtres) et/ou des descendants d'un individu ou d'un couple.

Descendant ? Ascendant ?

#### Descendant

La fille (ou le fils) est le **descendant** du père et de la mère, de ses grands-parents, arrières grands-parents ....

« les enfants sont les descendants de leurs parents, les petits-enfants de leurs grands-parents, etc. »

Personne de la même famille et d'une génération postérieure.

#### Ascendant

Le **père** est l'**ascendant** de son fils car issue par la naissance.

« Les ascendants représentent les ancêtres de quelqu'un. »

L'arbre généalogique répond à la question : **Qui descend de qui ?**

## QUESTIONS

Quelles informations vous apportent l'arbre des parentés (phylogénétique) du bison ?  
Pourquoi la représentation de Haeckel est-elle fautive ?

## REPONSES

L'arbre phylogénétique répond à la question : **Qui est le plus proche de qui ?**

« L'arbre phylogénétique présente les relations de parenté entre organismes vivants. Il montre qui est proche de qui, et non pas qui descend de qui. » [accs.ens-lyon.fr](http://accs.ens-lyon.fr)

« L'arbre phylogénétique nous montre quels caractères sont vraiment les mêmes chez plusieurs espèces (hérités d'un ancêtre commun) et quels sont ceux qui, initialement vus comme les mêmes, ne le sont en fait pas. » [accs.ens-lyon.fr](http://accs.ens-lyon.fr)

Le bison des steppes est plus proche du bison américain que du bison d'Europe car ils possèdent un ancêtre commun plus récent. Le bison des steppes et le bison américain partagent donc plus de caractères en commun.

Notion d'ancêtre commun, de caractères dérivés ou ancestraux, place des fossiles : lecture d'un arbre des parentés.

Liens : Lire et exploiter un arbre phylogénétique (<http://accs.ens-lyon.fr/accs/thematiques/evolution/enseignement-de-levolution/syntheses-mises-au-point/liens-de-parente/lire-et-exploiter-un-arbre-phylogenetique>)

« Haeckel fait enfin partie de cette génération d'évolutionnistes pour qui la première tâche de la biologie consistait à reconstruire la généalogie de l'ensemble des êtres vivants en remontant jusqu'à l'origine du monde organique. Il est le premier à figurer l'évolution par un arbre sur les branches duquel sont disposées toutes les espèces existantes en partant des êtres unicellulaires à son pied pour remonter jusqu'au sommet où domine l'espèce humaine. S. Jay Gould a mis en évidence l'idéologie répandue sur les ramifications de cet arbre dont la forme évasée vers le haut impose l'idée d'une évolution linéaire et progressive. Dans « *L'Origine des espèces* » de Darwin au contraire, le schéma de l'évolution par modifications successives des espèces conserve un caractère purement abstrait. [

La théorie de la récapitulation de Haeckel à Freud - Jacqueline Duvernay Bolens (Edition : L'Esprit du temps)

Haeckel dessine un arbre où l'Homme est au sommet donc le résultat ultime de l'évolution selon un hiérarchie :

Homme > autres mammifères > autres vertébrés > invertébrés > animaux primitifs.

Que signifie supérieur (>) pour Haeckel ?

Dans les arbres actuels (sphériques), il n'y a alors aucune hiérarchie entre espèces, mais seulement des différences, et l'Homme (*Homo sapiens*) n'est "supérieur" à aucune autre espèce.

« Dans ces arbres phylogénétiques anciens, il y a une hiérarchie implicite, et qui n'est pas que chronologique. Tous les bourgeons de toutes les branches d'un épicéa sont contemporains du bourgeon apical, et poussent encore, ce qu'ignorent la majorité des gens (et des élèves) qui s'imaginent que les basses branches d'un sapin n'évoluent et ne grandissent plus. Inutile de préciser que dans de tels arbres, l'anthropocentrisme aidant, c'est *Homo sapiens* que représente le bourgeon apical. »  
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/lmg492-2015-04-06.xml>

On remarquera que l'axe vertical ne représente pas le temps ? Que représente-t-il ?

## ACTIVITE 4 : La sélection sexuelle

### Document 7 : Les bois du mégacéros



Galerie de l'Aurignacien © Caverne du Pont d'arc

#### QUESTIONS :

Comment sont apparus les bois du mégacéros ?  
Quel avantage tire le mâle du mégacéros de la présence de ces bois très développés ?  
Proposez une hypothèse qui expliquerait la disparition de cette espèce.

#### REPONSE :

Comme pour « le cou de la girafe », les bois sont apparus au fil des générations par une ou plusieurs mutations provoquant l'apparition et le développement de ce caractère.

Les bois du mégacéros favorisent les individus qui peuvent attirer les partenaires (caractères sexuels secondaires) et se défendre en leur donnant un avantage reproductif. On parle de sélection sexuelle.

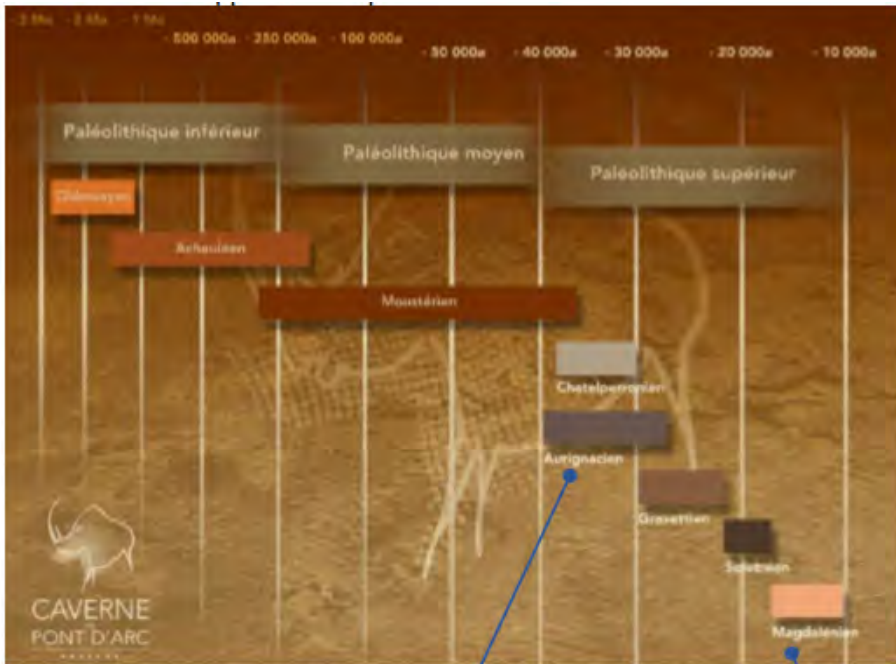
A terme ces bois vont devenir un handicap pour se déplacer et fuir les prédateurs.

**Commentaires :** Les élèves voient que les mutations peuvent apporter des avantages (et des inconvénients) à la survie et à la reproduction des individus. C'est comme cela qu'une nouvelle mutation peut se répandre dans une population et modifier de manière importante les caractéristiques de cette population. Ils voient aussi que l'évolution de la biodiversité au cours des temps géologiques n'a rien à voir avec une évolution linéaire, graduelle et dirigée. Elle a pu énormément varier au cours du temps suite à des événements d'extinction et de diversification.

**ACTIVITE 5 : Fait scientifique et hypothèse**

**Document 8 : Les bisons de l'art pariétal**

Des représentations pariétales différentes du bison des steppes (Bison priscus) aujourd'hui disparu.



Grotte de Pont d'Arc (- 36 000 ans)



Grosses cornes  
Membres avant robustes  
Ligne dorsale oblique : grosse bosse avant

Grotte de Pergouset (-18 000 ans)



Petites cornes  
Silhouette plus équilibrée  
Bosse plus petite

**QUESTION :**

Cocher la réponse qui vous semble la plus réfléchie. Argumentez.

- Je peux affirmer que ces 2 représentations de bisons correspondent à 2 espèces différentes.
- Je peux affirmer qu'il s'agit d'une même espèce.
- Je peux supposer qu'il s'agit de 2 espèces différentes.

**REPONSE :**

La bonne réponse est « Je peux supposer qu'il s'agit de 2 espèces différentes. ».

Aucun argument scientifique ne permet de valider pour l'instant les 2 premières réponses.

Les 2 représentations pariétales sont d'âges différents et de styles artistiques différents pour des Homo sapiens de cultures différentes (Aurignacien et Magdalénien).

L'affirmation « Je peux supposer qu'il s'agit de 2 espèces différentes. » est donc une hypothèse.

**Document 9 : Les espèces de bisons**

Il n'existe actuellement que 2 espèces de bisons : le bison d'Europe (*Bison bonasus*) et le bison d'Amérique du Nord (*Bison bison*).

Le bison européen (*Bison bonasus*)



Wikipédia (Michael Gäbler)

Le bison américain (*Bison bison*)



Wikipédia (Donnie)

Le bison européen (*Bison bonasus*) n'a pas de fossiles connus et semble apparaître soudainement au début de l'holocène (10 000 dernières années de notre histoire environ) peu de temps après la disparition du bison des steppes (fin pléistocène : environ 12 000 ans). Les bisons européens actuels descendent de ces bisons de l'Holocène.

**QUESTION :**

Comparez la morphologie des 2 bisons de l'art pariétal et les 2 bisons actuels. Lesquels semblent les plus proches ?

**REPONSE :**

Les bisons dessinés par les aurignaciens ressemblent aux bisons américains.

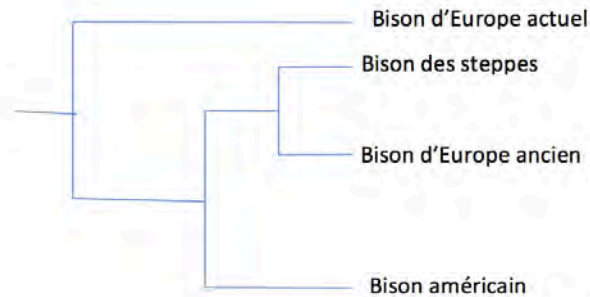
Les bisons des magdaléniens, plus récents, sont semblables aux bisons d'Europe.

**Document 10** : Arbre phylogénétique (des parentés) du Bison d'Europe actuel. (ADN nucléaire)

Espèces actuelles : Bison européen (Bison bonasus) - Bison américain (Bison bison)

Espèces disparues : Bison des steppes (Bison priscus) – Bison d'Europe ancien

Arbre simplifié :



### QUESTIONS

De quelle espèce est le plus proche le bison d'Europe ancien ?

De quelle dessin est-il le plus proche ? Aurignacien ou Magdalénien ?

Est-ce que ces faits scientifiques vous permettent de valider votre hypothèse ? Argumentez.

### REPONSES :

Du bison des steppes

Magdalénien

Le bison d'Europe ancien et le bison des steppes ont un ancêtre commun très proche.

Le bison d'Europe ancien ressemble aux bisons des magdaléniens.

Le bison des steppes a dû être le bison dessiné par les aurignaciens et le bison des magdaléniens correspond à une espèce différente.

**Compléments** : Voir fiche pédagogique « Phylogénie des bisons et art pariétal »

L'analyse de l'ADN mitochondrial complétera l'origine du bison d'Europe.

Les sapiens du paléolithique ont dessiné le bison des steppes – aurignaciens- (ressemblant au bison américain) et l'ancêtre du bison d'Europe – magdaléniens -(ressemblant au bison d'Europe) qui est un hybride auroch-bison des steppes.

Ces 2 espèces ont alterné en importance selon le climat : Le bison des steppes étant plus adapté à un climat froid (paysage de toundra avec absence d'été chaud). Le bison hybride était présent dans un environnement plus diversifié avec un régime plus variable. Les deux taxons ont occupé des niches écologiques distinctes.

Selon le climat une espèce prédominait et donc se reproduisait plus. Le bison hybride (ancêtre du bison européen) et le bison des steppes représentent différentes formes écologiques.

Le bison des steppes est abondant dans l'art plus ancien que le dernier maximum glaciaire (22 – 18 000 ans) donc plus adapté au climat froid.

Les 2 formes ont été trouvées dans des sédiments de la mer du Nord datés du pléistocène tardif.

Il s'agit donc bien de 2 espèces différentes en lien avec le climat.

**Pistes pédagogiques :** Cette distinction « fait prouvé et hypothèse » peut être traitée à partir des travaux de M. Goodman (2003) portant sur le séquençage de différentes molécules chez l'Homme et le chimpanzé. Ces travaux ont permis d'envisager de réunir l'homme et le chimpanzé en un seul genre : Homo.

**Problématiques :** Est-il vrai que l'Homme descend du singe ? Quelle est la relation entre l'Homme et le singe dans l'évolution ? Discuter l'hypothèse de Mr Goodman : L'Homme et le Chimpanzé appartiennent au même genre (Homo).

**Documents validant l'hypothèse de Goodman :** Arbre phylogénétique (gène COX2 par exemple) montrant la proximité de l'Homme et du chimpanzé (ancêtre commun propre)

**Documents mettant en question l'hypothèse de Goodman :** Matrice des distances (gène COI par exemple) montrant que l'Homme est le plus proche des tous les primates mais une similitude plus forte est observée entre le chimpanzé et le gorille. Le chimpanzé est plus proche du gorille que de l'Homme !

**Documents réfutant l'hypothèse de Goodman :** Données anatomiques et morphologiques. Comparaison du squelette du chimpanzé et d'un fossile du genre Homo (exemple : Homo habilis) Chez Homo habilis : le gros orteil court et accolé aux autres doigts est un caractère dérivé du genre Homo. De même la position avancée du trou occipital dans le genre Homo est plus reculée chez le chimpanzé.

Le chimpanzé ne possède donc pas ces caractères dérivés.

On ne peut donc pas classer le chimpanzé et l'Homme actuel dans le même genre Homo.

### **Statut du fait scientifique**

**Un fait scientifique n'est ni une opinion, ni une croyance. C'est un événement observable.**

Une théorie scientifique se fonde tout d'abord sur des observations, à partir desquelles on élabore des hypothèses et des modèles que l'on teste ensuite pour vérifier qu'elles correspondent à la réalité.

Le fait est quelque chose de réel, une réalité. Mais en même temps on remarquera qu'il n'y a jamais de fait brut. Nous avons toujours un certain point de vue sur le réel.

Une théorie ne sera considérée comme scientifique que si elle est confrontée à la réalité dont elle prétend apporter une connaissance. Elle a donc nécessairement rapport avec des faits.



## ACTIVITE 6 : Le rôle de l'environnement dans la théorie de l'évolution

### Document 11 : Des gènes pour combattre le froid !

**L'Homme de Denisova ou Dénisovien** : Cette espèce du genre Homo, identifiée en 2010, a vécu entre un million et 40 000 années avant notre ère, principalement en Asie, et surtout en Chine et Sibérie.



Fragment de phalange de l'Homme de Denisova (- 41 000 ans), et sa position dans la main. (Wikipedia)  
Phalange appartenant à un enfant de 7 ans (-50 000 à -30 000 ans)

### Les Inuits

Le peuple inuit vit actuellement sur un territoire qui s'étend sur plus de 5 000 km, allant de l'Alaska à la Sibérie, c'est-à-dire tout autour du cercle polaire arctique.

Il y a environ 150 000 Inuits vivant au Groenland, au Canada et aux États-Unis.

Cette population est adaptée au climat polaire (températures inférieures à 30°C).

Caractéristiques morphologiques : corps petit et trapu, membres plus courts, silhouette plutôt « ronde ».



Wikipédia



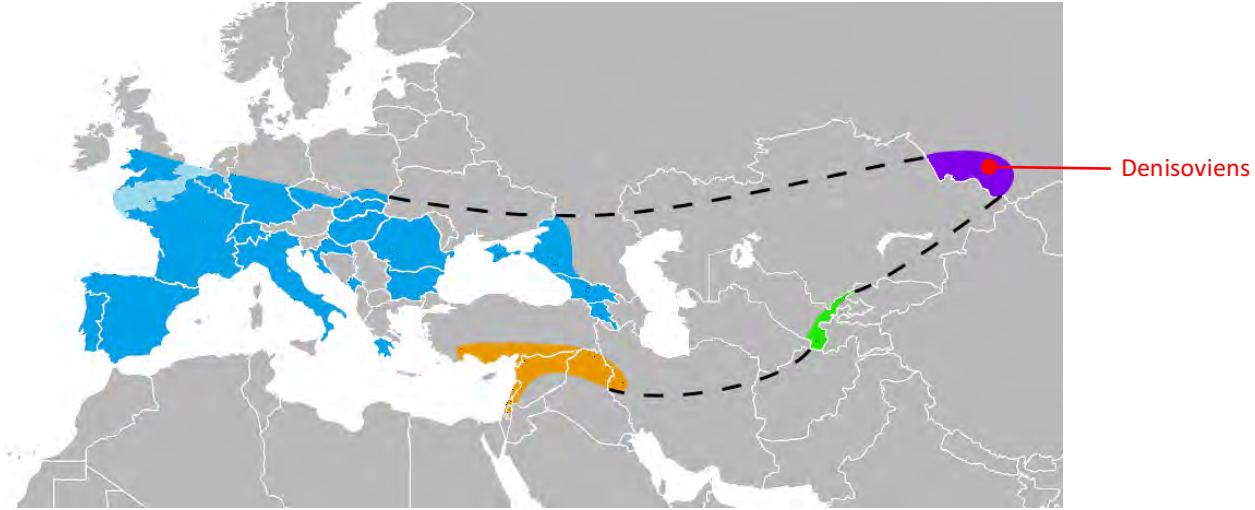
L'Homme de Néandertal : ©Cité de la Préhistoire ORGNAC

## L'Homme de Neandertal

Néandertal a traversé 3 épisodes glaciaires dans des paysages de steppes gelées et enneigées.

Les études anatomiques des fossiles montrent que Néandertal était adapté au froid : corps petit et trapu, membres plus courts (avant-bras et jambe plus courts que la cuisse et le bras).

Répartition géographique de l'Homme de Neandertal



Répartition de l'Homme de Néandertal en Europe (bleu), au Moyen-Orient (orange), en Asie centrale (vert), et dans l'Altai (violet) – Wikipédia modifiée

**QUESTION** : Quels sont les caractères anatomiques communs à ces deux espèces vivant dans un climat froid ?

**REPONSE** : Corps petit et trapu, silhouette « ronde », membres plus courts.

Extension : Principe d'actualisme

Si un fossile retrouvé a des ressemblances avec une espèce qui vit toujours aujourd'hui, on considère que ce fossile vivait dans un milieu identique.

Les scientifiques ont comparé le génome de 200 Inuits du Groenland aux génomes d'autres populations actuelles d'Homo sapiens ou d'espèces du genre Homo disparues (fossiles de Néandertaliens et de Denisoviens). Ils ont identifié des gènes TBX15 et WARS2 présents sur le chromosome 1 des Inuits.

Cette séquence d'ADN était quasiment identique chez les denisoviens mais moins fréquente chez le Néandertaliens.

Les Inuits ne sont toutefois pas les seuls humains à posséder la séquence TBX15/WARS2. D'autres populations humaines actuelles l'ont aussi, mais dans une proportion beaucoup moins importante.

Ils ont montré également un lien étroit entre la présence de ce gène et le stockage de graisse chez les individus. La graisse produisant de l'énergie lors de sa consommation par l'organisme et permettant de lutter contre le froid.

**QUESTION** : Proposez une hypothèse qui expliquerait comment ces gènes (TBX15 et WARS2) ont pu se retrouver dans d'autres populations actuelles d'Homme moderne ?

Proposez une hypothèse expliquant l'apparition de ces gènes puis de leur maintien chez les Denisoviens puis les Inuits.

**REPONSE** : L'Homme de Denisova a transmis ces gènes en se reproduisant avec Homo sapiens de la même région, il y a environ 50 000 ans.

Puis ces Homo sapiens de la région de l'Altai se sont déplacés à travers le monde en répandant ces gènes. (Reproduction) L'Homme de Denisova a donc certainement dû se reproduire avec Homo sapiens.

Autre possibilité : Les gènes sont passés des Denisoviens vers les Néandertaliens puis des Néandertaliens vers Homo sapiens. (Neandertal, mon frère : S. Condemi – F. Sabatier)

**Remarque :** Il s'agit d'accouplements interspécifiques !

Pour aller plus loin :

Ces gènes sont apparus par mutation chez un petit nombre d'individus (HASARD). Ils ont apporté un avantage reproductif à ces individus (meilleure résistance au froid donc moins de morts donc plus de descendance). Ces gènes sont donc restés dans le génome des Denisoviens puis transmis par accouplement aux autres espèces du genre Homo. On retrouve la sélection naturelle de DARWIN et le « cou de la girafe » avec importance des conditions environnementales.

**Compléments :** TBX15 joue un rôle dans la différenciation des adipocytes bruns (Gburcik et al., 2012). Les adipocytes produisent de la chaleur par oxydation des lipides lorsqu'ils sont stimulés par des températures froides, ce qui fait du TBX15 un gène candidat fort pour l'adaptation à la vie dans l'Arctique.

**Référence :**

<https://academic.oup.com/mbe/article/34/3/509/2731791>

Neandertal, mon frère : S.Condemi – F. Sabatier (Flammarion)

Archaic Adaptive Introgression in TBX15/WARS2 : <https://academic.oup.com/mbe/article/34/3/509/2731791>

**Des pistes d'activités :**

- **La disparition de l'ours polaire ou la naissance d'une nouvelle espèce**

Voir fichier : OursABC.pdf

- **Evolution des équidés**

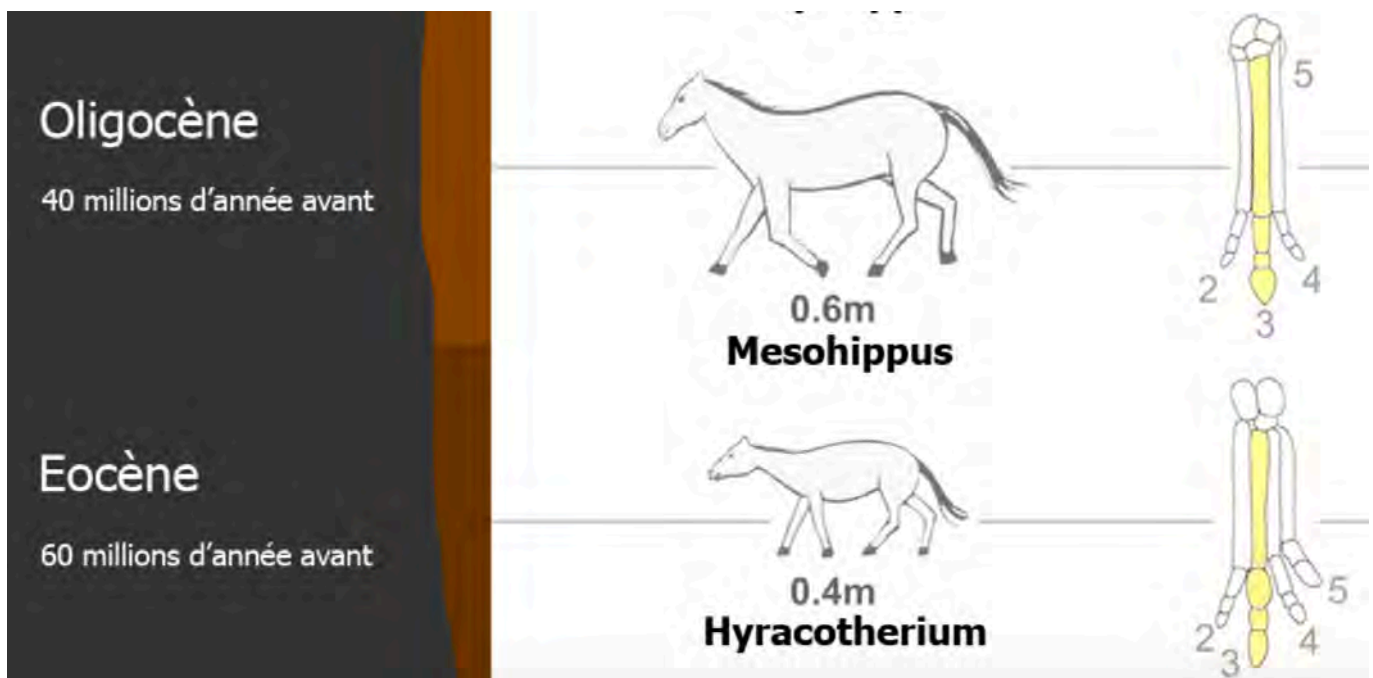
Comparaison des pattes de 2 équidés du Wyoming (Amérique du Nord) : Eohippus (-55 Ma) et Meshippus (-35 Ma) et le cheval actuel, Equus .

Comparaison de la paléogéographie de cette région à ces différentes périodes.

**L'Éocène inférieur** ( - 50 millions d'années) : période chaude. Le Wyoming était recouvert de forêts tropicales humides comme l'Inde. Les alligators étaient présents dans des marais proches du Pôle du nord et les palmiers se sont développés en Alaska méridional.

**L'éocène moyen et supérieur** (-37 à -50 Ma) : Refroidissement et sécheresse. Les rapports isotopiques de l'oxygène établis sur des coquilles d'invertébrés marins indiquent une chute de 10°C de la température moyenne des eaux du Pacifique et l'étude des paléoflores éocène et oligocène de la côte ouest nord-américaine indiquent une chute de 8°C.

La forêt tropicale est remplacée par la steppe et la savane.



D'après Wikipédia

Pour aller plus loin : « Patterns in Palaeontology: The Paleocene–Eocene Thermal Maximum »

<https://www.palaeontologyonline.com/articles/2011/the-paleocene-eocene-thermal-maximum/>

<https://www.earthbyte.org/geoscientific-model-development-a-suite-of-early-eocene-climate-model-boundary-conditions/>

***La petite taille de Eohippus était adaptée (avantage sélectif) aux forêts tropicales de l'éocène inférieur.***

***Les pattes redressées et le nombre de doigt réduit de Mesohippus est un avantage sélectif dans la steppe de l'éocène moyen et supérieur.***

**Lien :** Livre SVT cycle 4 p. 184 (BELIN)

#### **- Evolution des lézards**

[https://media.hhmi.org/biointeractive/vlabs/lizard2/?\\_ga=2.211473237.1179706587.1511164901-83943057.1511164901](https://media.hhmi.org/biointeractive/vlabs/lizard2/?_ga=2.211473237.1179706587.1511164901-83943057.1511164901)

ou application tablettes : <http://www.hhmi.org/biointeractive/lizard-evolution-virtual-lab>



Anolis vert - Wikipedia

Evolution des lézards Anolis des îles des Caraïbes : Jamaïque – Cuba – Hispaniola – Puerto Rico

Cet exemple montre comment, en un peu plus de 30 ans (30 générations), cette espèce de lézard peut se transformer (évoluer) en réponse à de nouvelles contraintes environnementales : espace plus restreint et nouvelles ressources alimentaires.

L'origine génétique de ces transformations n'a pas été complètement démontrée mais les modifications anatomiques s'observant dès la naissance, il est fort probable qu'elle soit validée en accord avec la théorie de l'évolution.

Cet exemple permet d'intégrer les outils numériques comme la **tablette** avec une activité de mesures de squelettes notamment.

**REMARQUE :** On ne confondra pas des observations brutes, visibles par tous et des explications scientifiques à l'aune d'une théorie, avec une difficulté supplémentaire pour cette théorie de l'évolution : le temps.

***La sélection naturelle (ou la dérive génétique) ne sont donc pas des faits directement observables : seuls leurs effets peuvent être observés par exemple l'adaptation des populations à de nouvelles conditions environnementales.***

**COMPLEMENTS :** Le rôle du climat sur la vitesse d'évolution de la masse corporelle des oiseaux et des mammifères au cours des 80 millions d'années.

Création d'un modèle d'évolution phénotypique : Rôle de la température sur la taille de ces classes d'animaux qui montre que le taux d'évolution augmente pendant les périodes froides.

Source : "Accelerated body size evolution during cold climatic periods in the Cenozoic" Julien Clavel et Hélène Morlon  
<http://www.pnas.org/content/114/16/4183>

## **ACTIVITE 7 : Le monde réel expliqué par la théorie scientifique**

### **Document 12 : Les phalènes du bouleau (les travaux de KETTLEWELL : Les preuves expérimentales d'une théorie)**

#### **Les observations**

La Phalène du Bouleau est un papillon de nuit dont la coloration varie du gris clair au noir. Elle vit dans les forêts des régions tempérées en particulier de bouleaux dont l'écorce est claire. Elle passe la journée inactive sur le tronc des arbres. Les oiseaux comme la mésange se nourrissent de phalènes.

En 1848, quelques papillons noirs (dits « carbonaria ») sont observés dans la région de Manchester (Angleterre) parmi les phalènes claires (dits « typica ») en majorité.

En 1895 : La majorité des phalènes (89 %) de Manchester sont maintenant noires. On observe également que les troncs des bouleaux blancs ont noirci à cause de la pollution des usines en plein développement.

#### **Problématique**

Quelle est l'origine de cette évolution de la couleur des papillons ?

#### **Hypothèse**

Connaissant la théorie de la sélection naturelle de Darwin, J.W. Tutt scientifique anglais, pense que les phalènes noires devenues moins visibles, sont moins mangées par les oiseaux que les phalènes blanches.

Le changement de couleur est une évolution par sélection naturelle.

#### **Des expérimentations**

Bernard Kettlewell réalise des expériences entre 1955 et 1956 pour tester cette hypothèse.

Il lâche dans 2 forêts de bouleaux (une polluée : Birmingham et une non polluée : Dorset) le même nombre de phalènes noires et blanches qu'il a marquées ventralement, les exposant ainsi aux oiseaux. Il les capture à nouveau au bout de quelques jours et les compte. Ce qui lui permet de savoir le nombre de papillons capturés par les oiseaux dans chaque forêt.

#### **Les résultats**

<b>DORSET : Forêt non polluée</b>	<b>Phalène noire</b>	<b>Phalène blanche</b>
Papillons lâchés	190	190
Papillons capturés par les oiseaux	164	26
% de papillons capturés par les oiseaux	86,32 %	13,68 %
<b>BIRMINGHAM : Forêt polluée</b>		
Papillons lâchés	58	58
Papillons capturés par les oiseaux	15	43
% de papillons capturés par les oiseaux	25,86 %	73,14 %

#### **QUESTION :**

Est-ce que les résultats de Bernard Kettlewell valident l'hypothèse ? Argumentez.

Aide : Calculez le pourcentage de papillons capturés par Kettlewell dans les deux forêts puis comparez les résultats.

#### **REPONSE :**

Dans la forêt polluée, il capture 3 fois plus de phalènes noires (non visibles par les prédateurs sur les troncs sombres de pollution) et dans la forêt non polluée environ 6,5 fois plus de phalènes blanches.

Il met donc en évidence un lien entre le nombre de papillons noirs et le taux de pollution, ce qui valide l'évolution par sélection naturelle.

#### **COMPLEMENTS :** Des simulations en ligne (Ordinateurs – Tablettes)

[http://www.collegetheophanevenard.net/gallerand/evolution\\_phalene/main.htm](http://www.collegetheophanevenard.net/gallerand/evolution_phalene/main.htm)

<http://philippe.cosentino.free.fr/productions/phalenes/>

[http://phet.colorado.edu/sims/natural-selection/natural-selection\\_fr.jnlp](http://phet.colorado.edu/sims/natural-selection/natural-selection_fr.jnlp)

## **ACTIVITE 8 : Des expérimentations faussées ?**

### **Document 13 : Les expériences de Kettlewell critiquées**

Des critiques ont été formulées par des ornithologues à l'encontre des expériences réalisées par Kettlewell. Ces papillons nocturnes sont lâchés de jour. Incapables de voler, ils vont donc se poser ailes repliées sous les branches pour se dissimuler. Les oiseaux ne mangeraient donc pas les phalènes quel que soit leur couleur. Les photographies qui accompagnaient les travaux de KETTELWELL montrent toujours des phalènes avec des ailes déployées. Or, en position de repos, les phalènes ne déploient jamais leurs ailes. Quelle est la valeur des travaux de Kettlewell ?



#### **QUESTIONS**

Quels conseils auriez-vous donné aux scientifiques avant la publication de ses travaux ?  
Les critiques remettent-elles en cause la sélection naturelle ?

#### **REPONSES**

La communauté scientifique aurait dû reproduire l'expérience de KETTELWELL (Principe de REPRODUCTIBILITE) et tenir compte de l'avis des ornithologues qui s'appuie sur l'aspect des ailes du papillon avant publication. Ces erreurs ne remettent pas en cause la théorie mais l'exemple des phalènes ne devrait plus être emblématique. D'autres exemples pourraient être cités : les mouches des îles Kerguelen par exemple. (Mouches avec ou sans ailes)

Lien : [http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/ancien\\_site/expoconf/darwin/la\\_phalene\\_du\\_bouleau.pdf](http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/ancien_site/expoconf/darwin/la_phalene_du_bouleau.pdf)



## **ACTIVITE 9 : Comment la culture influence notre évolution biologique ? Un exemple d'interaction biologie et culture : adaptations génétiques à l'alimentation (éleveurs /agriculteurs) – Adaptation bio culturelle au lait**

### **Les mutations (Du génotype au phénotype)**

#### **Document 14 : La digestion du lactose**

Dans l'espèce humaine, l'enfant jusqu'à 3-4 ans digère le lactose, glucide du lait.

Les adultes se répartissent en deux phénotypes en ce qui concerne l'aptitude à le digérer.

Ceux qui digèrent le lactose sont appelés : LP (« lactase persistants ») ou tolérants au lactose et ceux qui ne peuvent pas le digérer : LNP (« lactase non persistants ») ou intolérants au lactose.

La digestion du lactose est due à une enzyme : la lactase. (Cf. chapitre Digestion : La simplification moléculaire)

35 % de la population mondiale seulement est capable de digérer le lactose donc de type LP.

Les scientifiques ont montré que tous les individus (même les LNP) possèdent le gène responsable de la présence de la lactase. Donc cette non-digestion du lactose est due à un mauvais fonctionnement du gène dont le résultat sera une lactase qui ne fonctionne pas.

Le gène jouant un rôle sur la lactase donc sur la digestion du lactose est situé sur le chromosome 2 et existe sous différentes formes (allèles) : 14010G/C ; 13915T/G et 13907C/G après mutations d'un gène originel (ancestral).

#### **Quel est le phénotype ancestral : LP ou LNP ?**

- 65% environ de la population mondiale est de phénotype LNP.

- La quasi-totalité des mammifères adultes dont les grands singes ne consomment pas de lait et surtout ne synthétisent plus de lactase donc de phénotype LNP

- Des scientifiques ont étudié (séquencé) l'ADN extrait de 8 squelettes de sites archéologiques d'Allemagne, de Hongrie, de Pologne et de Lituanie. L'âge de ces os est compris entre 5800 et 5000 ans avant J.C (Néolithique). Ils ont observé des allèles présents dans des humains actuels LNP.

- Une momie vieille de 5300 ans a été découverte en 1991 dans le massif de l'Otzaï (à 3210 m d'altitude), à la frontière Italo-Autrichienne. L'analyse de son ADN montre également un génotype d'individu LNP.

#### **QUESTIONS**

Quel est votre phénotype ? LP ou LNP ?

Quel est le phénotype qui est apparu en premier (ancestral) : LP ou LNP ? Argumentez.

#### **REPONSES**

L'exploitation de ces différents types de données débouche sur l'idée que le phénotype LNP est ancestral et le phénotype LP dérivé : grands singes, fossiles lignée humaine LNP.

Ce phénotype LP, phénotype dérivé, résulte de mutations survenues sur l'ADN des individus LNP.

#### **Quels sont les facteurs qui ont contribué à l'expansion de ces mutations dans les populations ?**

Le lactose est présent uniquement dans le lait. La possession d'allèles LP ayant pour unique effet de permettre de digérer le lactose alors la sélection naturelle a gardé ces allèles que si les Hommes consomment du lait, donc pratiquent un élevage laitier.

C'est donc la domestication du bétail, chèvres, brebis et vaches, etc. donc le passage d'une société de cueilleurs-chasseurs (Paléolithique) à une société de agriculteurs-éleveurs (Néolithique) qui a créé le nouvel environnement ayant permis l'évolution biologique du phénotype LNP au phénotype LP.

L'évolution culturelle transmise de génération en génération a entraîné l'évolution biologique.

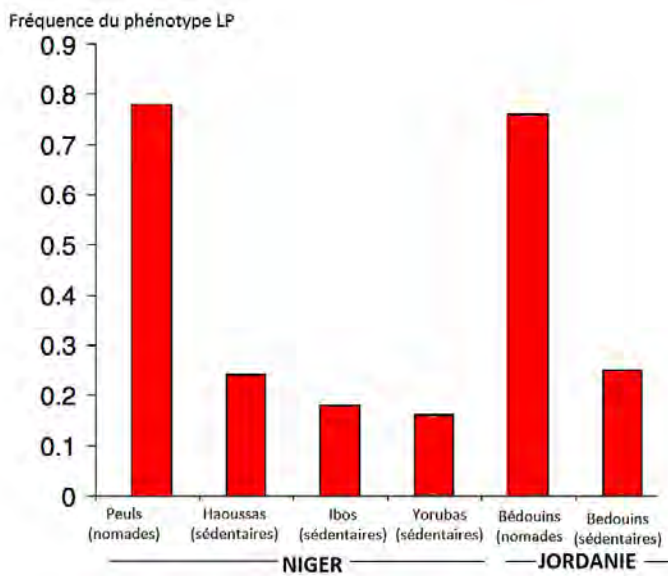
#### **QUESTION**

Soulignez (ou réécrivez) l'hypothèse répondant à la problématique.

#### **REPONSE**

« C'est donc la domestication du bétail .... ayant permis l'évolution biologique du phénotype LNP au phénotype LP. »

Une étude réalisée en Afrique et en Jordanie a permis de tracer le graphique ci-dessous. Les peuples nomades consomment le lait de leur bétail (ovins, caprins et chameaux).



Variation de la fréquence du phénotype LP (Tolérance au lactose) en fonction du mode de vie de certaines populations. Sources: Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence : [http://www.cnmd.ac.uk/mace-lab/publications/articles/2009/Ingram\\_HumGen09\\_LCT\\_Review.pdf](http://www.cnmd.ac.uk/mace-lab/publications/articles/2009/Ingram_HumGen09_LCT_Review.pdf)

#### QUESTION

Quelles informations donnent ce graphique ? Est-ce conforme aux réponses précédentes ? (Peut-on parler de sélection naturelle ? Pourquoi ?)

#### REPONSE

Dans la population de bédouins du désert au mode de vie nomade et qui consomme le lait de leur bétail (ovins, caprins et chameaux) la fréquence du phénotype LP était de 76% alors que dans la population d'arabes non bédouins des zones urbaines et agricoles de Jordanie, la fréquence de LP n'était que de 25%. Mêmes conclusions en Afrique. La sélection naturelle a gardé les mutations LP pour les peuples en tirant un bénéfice : les nomades.

#### Pourquoi ce phénotype LP (capacité à digérer le lactose) est-il un avantage sélectif pour certains peuples ?

- Le lait pouvait remplacer l'eau polluée dans les régions où il y avait la sécheresse. Les individus LP étaient moins malade et mourraient moins.
- Le lait est un aliment très riche en calcium et apporte un peu de vitamine D. Les individus LP souffraient moins de rachitisme.

#### QUESTION

Ecrire une autre hypothèse montrant l'avantage que procurait la digestion du lactose donc la possibilité de boire du lait chez les hommes du néolithique.

#### REPONSE

Le lait pouvait être un apport alimentaire de remplacement dans les périodes de disette entre les périodes de récolte des cultures céréalières donc favoriser la survie des personnes LP.

Liens : <http://www.evolution-of-life.com/fr/observer/video/fiche/good-milk-bad-milk.html>

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/evolution/accompagnement-pedagogique/accompagnement-au-lycee/terminale-2012/un-regard-sur-levolution-de-lhomme/evolution-dans-la-lignee-humaine/quelques-aspects-genetiques-de-levolution-des-populations-humaines-homo-sapiens-sapiens/culture-et-selection-naturelle-au-cours-de-lhistoire-des-populations-humaines/lactase/plan-lactase>

Vidéo : [https://www.canal-u.tv/video/mnhn/comment\\_la\\_culture\\_influence\\_notre\\_evolution\\_biolgique.17639](https://www.canal-u.tv/video/mnhn/comment_la_culture_influence_notre_evolution_biolgique.17639)





## ACTIVITE 10 : Une modélisation (Expliquer la réalité par un modèle qui se base sur des faits)

### Document 15 : Modélisation

Le phénotype LNP est ancestral, apparu en premier, alors que le phénotype LP résulte de mutations intervenues entre - 5000 et - 10 000 ans.

Actuellement environ 35 % de la population mondiale est de type LP.

**Objectif :** modélisez l'apparition de la population d'individus capables de digérer le lactose du début du néolithique (-7500 ans) à aujourd'hui.

**Outil :** <http://www.ac-nice.fr/svt/productions/freeware/evolution/html5/index.htm>

**Aide :** Une valeur sélective de 1 signifie que l'individu ayant ce génotype survit et se reproduit de manière optimale. Une valeur sélective de 0 signifie que l'individu ayant ce génotype ne survit pas et ne peut donc pas se reproduire. Plus la valeur sera faible moins l'individu aura des chances de se reproduire donc de survivre et donc ses mutations disparaîtront avec lui.

On prendra une fréquence de l'allèle LP au néolithique (temps =0) faible car on peut penser que très peu d'individus avaient cette mutation au début :

Fréquence de l'allèle LP = 5% (Ce qui signifie que l'on émet l'hypothèse qu'il y avait 5 % de la population mondiale avec la mutation LP).

Changer le nom de l'allèle 1 par **LP** (forme permettant la digestion du lactose).

Changer le nom de l'allèle 2 par **LNP** (mutation ne permettant pas la digestion du lactose).

Changer la valeur de la fréquence de l'allèle LP par 5 %.

### REMARQUE : Limite du modèle

Le modèle numérique impose 100 générations.

Notre étude se fait sur 9500 ans environ (de -7500 à aujourd'hui.)

Chez l'Homme, on peut prendre en moyenne 2 à 3 générations par 100 ans.

Ce qui correspond à :  $9500 / 2,5 = 3800$  générations pour la période étudiée

### QUESTIONS

Expliquez les 3 types de génotypes : LP//LP – LNP//LNP – LP//LNP et schématisez la paire de chromosome 2 d'un individu LP//LNP.

Modélisez l'apparition de la population des individus LNP en prenant comme hypothèse que la valeur sélective des 3 génotypes est de 0,5.

- Qu'est-ce que signifie une valeur sélective de 0,5 pour un individu ?
- Quel type de graphique allez-vous obtenir ?
- Lancer la modélisation. Comparez avec votre réponse précédente.
- Quel est le pourcentage d'individus digérant le lactose ? D'individus ne digérant pas le lactose ?

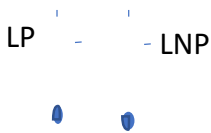
**Pour simplifier la modélisation, on établira la correspondance suivante :**

Génotype	Phénotype
LP//LP	LP : Digère le lactose
LP//LNP	LP : Digère le lactose
LNP//LNP	LNP : Ne digère pas le lactose

(Ce qui voudrait dire que l'allèle LP est dominant !)

**REPONSES**

- L'Homme a 23 paires de chromosomes avec sur chaque chromosome un allèle d'un gène : LP ou LNP.



- Une valeur sélective de 0,5 pour un génotype signifie que l'individu aura 50 % de chance (1 chance sur 2) de se reproduire donc de transmettre le génotype (l'allèle muté : LP).
- On devrait obtenir une droite horizontale de valeur 0,5 (5%).
- Individus digérant le lactose : 10 %
- Individus ne digérant pas le lactose : 90 %

### Modélisation de l'évolution de la fréquence allélique (sélection naturelle)

**Comprendre les valeurs sélectives :**

La valeur sélective ( $\omega$ ) quantifie la capacité d'un individu à survivre et à se reproduire en fonction de son génotype.

Dans ce modèle les valeurs sélectives s'étendent de :

0 = mort avant de pouvoir se reproduire / stérilité  
1 = succès reproducteur maximal

Après avoir attribué une valeur sélective à chaque génotype, vous pourrez prédire l'évolution de chaque allèle, de génération en génération.

Si votre objectif se limite à connaître la tendance de cette évolution, il ne vous est pas nécessaire de connaître les valeurs sélectives exactes :

- laissez la valeur 0,5 à la fréquence initiale
- donnez la valeur 1 au(x) génotype(s) le(s) plus avantageux
- donnez les valeurs 0,9, et 0,8 aux suivants
- donnez la valeur 0 à tout génotype ne permettant aucune reproduction

Evolution dans le temps de la fréquence de l'allèle LP

Nom de l'allèle 1 = LP  
Nom de l'allèle 2 = LNP

Fréquence initiale de l'allèle LP = 5 %

Valeurs sélectives ( $\omega$ ) associées aux génotypes :

LP//LP : 0,5  
LP//LNP : 0,5  
LNP//LNP : 0,5

Lancer le calcul Effacer la courbe

Version HTML5/JS(Raphaël), Auteur : Philippe Cosentino  
Voir aussi : [Dérive génétique](#)

**Bilan (après 100 générations) :**

	Fréquence initiale	Fréquence finale
allèle LP	5%	5%
allèle LNP	95%	95%
LP//LP :	0%	0%
LP//LNP :	10%	10%
LNP//LNP :	90%	90%

Calculs réalisés suivant les lois de Hardy-Weinberg en supposant :  
- que l'autofécondation est possible  
- que la population est panmictique et d'effectif infini

Les plus fortes fréquences du phénotype LP sur le continent européen sont observées dans le nord-ouest de l'Europe, en particulier dans les îles britanniques et la Scandinavie où elles varient entre 89% et 96%.

**QUESTION**

- Modifiez les valeurs sélectives pour obtenir un modèle conforme aux observations sur les îles britanniques et la Scandinavie c'est à dire 90 % de phénotype LP au bout de x générations.
- Proposez une hypothèse expliquant une valeur sélective si élevée du génotype LP//LP donc du phénotype « Digestion du lactose »

**REPONSES**

La fréquence élevée des LP s’observe dans toutes les populations actuelles ou passées qui consomment du lait. En Afrique et au Moyen-Orient, le phénotype LP est plus fréquent dans les populations nomades élevant le bétail que dans les populations dépendant de la cueillette et de la chasse. L’élevage du bétail avec la production du lait aurait donc donné un avantage sélectif à la mutation LP chez les européens et les scandinaves.  
 Autre hypothèse : L’allèle LP est dominant donc les 2 génotypes LP//LP et LP//LNP donnent un même phénotype : (LP).

**Comprendre les valeurs sélectives :**

La valeur sélective ( $\omega$ ) quantifie la capacité d'un individu à survivre et à se reproduire en fonction de son génotype.

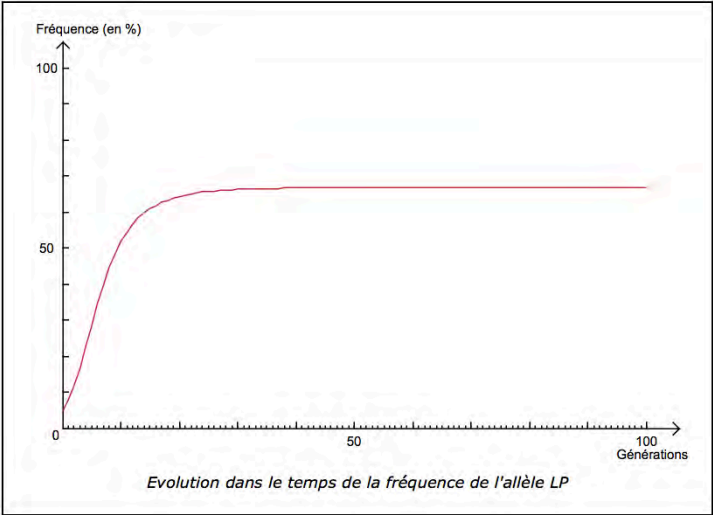
Dans ce modèle les valeurs sélectives s'étendent de :

- 0 = mort avant de pouvoir se reproduire / stérilité
- 1 = succès reproducteur maximal

Après avoir attribué une valeur sélective à chaque génotype, vous pourrez prédire l'évolution de chaque allèle, de génération en génération.

Si votre objectif se limite à connaître la tendance de cette évolution, il ne vous est pas nécessaire de connaître les valeurs sélectives exactes :

- laissez la valeur 0,5 à la fréquence initiale
- donnez la valeur 1 au(x) génotype(s) le(s) plus avantageux
- donnez les valeurs 0,9, et 0,8 aux suivants
- donnez la valeur 0 à tout génotype ne permettant aucune reproduction



Nom de l'allèle 1 =

Nom de l'allèle 2 =

Fréquence initiale de l'allèle LP =  %

Valeurs sélectives ( $\omega$ ) associées aux génotypes :

LP//LP :

LP//LNP :

LNP//LNP :

Version HTML5/JS(Raphaël), Auteur : Philippe Cosentino

Voir aussi : [Dérive génétique](#)  
[Modélisation de la dérive génétique par tirage avec remise](#)

**Bilan (après 100 générations) :**

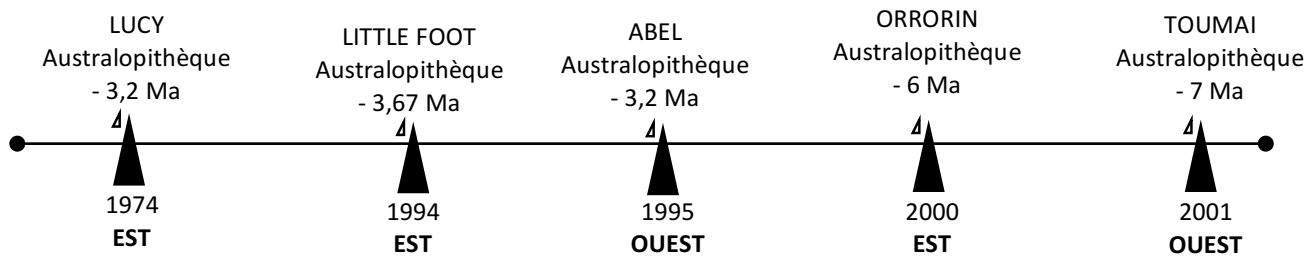
	Fréquence initiale	Fréquence finale
allèle LP	5%	67%
allèle LNP	95%	33%
LP//LP :	0%	44%
LP//LNP :	10%	45%
LNP//LNP :	90%	11%

Calculs réalisés suivant les lois de Hardy-Weinberg en supposant :  
 - que l'autofécondation est possible  
 - que la population est panmictique et d'effectif infini

**Compléments :**

Il est probable que les populations européennes du néolithique (-5000 à -6000 ans), étaient majoritairement de phénotype LNP, bien que la production laitière ait débuté depuis 2 à 3 millénaires. En effet les personnes LNP peuvent manger du fromage moins riche en lactose.





La découverte de Toumaï à l'Ouest du rift a confirmé la découverte d'ABEL et infirmé la théorie de COPPENS, montrant que la lignée humaine provient bien du « berceau africain » mais pas uniquement à l'EST du Rift. Les hypothèses dues aux changements climatiques sont donc fausses mais cela ne veut pas dire que ces variations n'aient pas eu un rôle dans l'évolution de l'Homme.

Une théorie est **REFUTABLE (Réfutabilité)** : On peut prouver qu'une théorie est fausse.

**ACTIVITE 12 : Une théorie n'explique pas toujours tout ! même si c'est tentant ...**

**Document 17 : Ou l'évolution ne transmet pas tout ...**

Les rats qui vivent dans les forêts de pins de Jérusalem (Israël) sont de véritables experts pour décortiquer les pommes de pins et manger les graines. Les rats noirs qui vivent dans d'autres milieux sont très malhabiles dans ce même exercice. Des expériences ont été réalisées.

Expérience 1 : Des cônes de pins sont donnés à de jeunes rats nés de mères qui « savent » décortiquer les cônes de pin mais qui ont été élevés par des femelles qui « ne savent pas ».

Expérience 2 : Des cônes de pins sont donnés à de jeunes rats nés de mères qui « ne savent pas » mais élevés par des femelles qui « savent ».

**Résultats**

	Nombre de petits	Nombre de petits qui apprennent à ouvrir cônes	%
Expérience 1	25	0	0
Expérience 2	55	36	65,5

**QUESTIONS**

Est-ce que le comportement "décortiquer des pommes de pin" est transmis par les parents ? Argumentez.

Proposez une hypothèse de la transmission de ce caractère. Donnez un exemple chez l'Homme.

Comment appelle-t-on cet ensemble de connaissances ?

**REPONSES**

Expérience 1 : Les jeunes rats ne savent pas décortiquer les cônes.

Expérience 2 : ils sont capables de décortiquer les cônes et d'accéder aux graines.

Le comportement « décortiquer les cônes » n'est pas transmis par les gènes mais par l'observation du comportement des mamans-rats. L'information qui permet de décortiquer les cônes avec adresse s'est transmise de génération en génération sans avoir recours à la voie génétique. Donc des caractères peuvent être transmis sans intervention de la sélection naturelle de DARWIN.

Cet ensemble de comportements pourrait s'appeler la culture.

"La culture est le résultat de ce qu'on apprend d'autrui, par opposition à ce qu'on apprend seul" L. Cavalli-Sforza

Le comportement du jeune rat « téter sa mère » est inscrit dans ses gènes. Par contre, le comportement « décortiquer les cônes de pins » est appris par imitation.

### Liens

Cultural transmission of feeding behaviour in the black rat (*Rattus rattus*) par Joseph Terkel. In : Social learning in animals : the roots of the culture. Academic Press, 1994

<https://cloudfront.escholarship.org/dist/prd/content/qt9n7291hf/qt9n7291hf.pdf>



### ACTIVITE 13 : Une théorie à vérifier ?

#### Document 18 : « Importance de la marche (course) dans l'évolution de la lignée humaine ? » - Les migrations

Les plus anciens fossiles d'hominidés ont été retrouvés en Afrique : Toumaï (-7 millions d'années), Orrorin (-6 millions d'années), Lucy (-3,2 millions d'années) ....

Donc, sauf nouvelles découvertes, nos plus lointains ancêtres se trouvaient en Afrique. Ils ont quitté ensuite ce continent pour le Proche-Orient, l'Asie ou l'Europe où on retrouve des fossiles et des outils datant de 1 millions d'années ou plus. Par exemple à Dmanissi, en Géorgie : *Homo georgicus* (- 1,81 million d'années).

Il est maintenant admis par les scientifiques que les premières migrations hors d'Afrique du genre *Homo* ont dû s'effectuer il y a environ un peu moins de 2 millions d'années environ. (1,7 Ma ?)

Qu'est-ce qui a pu rendre ces migrations possibles à partir de cette période et pas avant ? (Pourquoi pas de migrations hors d'Afrique par les Australopithèques par exemple ?)

**Réponse :** Le genre *Homo* a acquis, en plus de la bipédie et des caractéristiques anatomiques, une musculature rendant possible cet effort en endurance.

### QUESTION

Commentez cette réponse à partir de l'étude des documents ci-dessous.

### Documents :

La thermorégulation est un ensemble de mécanismes permettant à un être vivant de maintenir sa température interne constante. Par exemple chez l'Homme : 37°C environ.

Si la température du corps augmente trop, l'Homme utilise la sudation comme principal mécanisme de dissipation de la chaleur au niveau de l'ensemble de la surface corporelle qui est grande.

La majorité des mammifères terrestres comme le chien, utilisent le halètement (respirations courtes et rapides) pour évacuer la chaleur corporelle par la bouche : surface de la langue et des alvéoles pulmonaires plus petite.

La disparition des poils chez l'Homme permet une dissipation de la chaleur plus efficace.

On remarquera que la sudation est indépendante de la respiration ce qui donnera à l'Homme la capacité de courir (ou marcher) longtemps à une allure raisonnable (endurance).

L'Homme est ainsi capable de courir (marcher) des heures, des jours, à allure modérée et parcourir des distances importantes. Très peu d'animaux en sont capables : loup, lycaon, gnous ...

Les hommes préhistoriques auraient pu pratiquer la chasse à l'épuisement ou « persistent hunting » comme actuellement des populations d'Afrique.

Ils courent (marchent) après une proie jusqu'à ce qu'elle s'arrête pour haleter (thermorégulation) pour repartir ensuite à leur approche et ainsi de suite jusqu'à épuisement (thermorégulation insuffisante par manque de temps d'halètement) après plusieurs heures de poursuite.

### REPONSE

Les Australopithèques, qui n'ont pas migré, possédaient une musculature probablement supérieure au genre *Homo*. Donc hypothèse à rejeter.

Hypothèse possible : Les migrations, nécessitant des efforts longs en endurance, ont été possibles grâce à la thermorégulation efficace indépendante de la respiration, plus fonctionnelle chez les individus migrants.

**Vidéo:** Human Mammal, Human Hunter - Attenborough - Life of Mammals – BBC (<http://www.bbc.com/earth/world>)  
[https://youtu.be/826HMLoiE\\_o](https://youtu.be/826HMLoiE_o)

**Vidéo :** Traits de vie et contraintes énergétiques au cours de l'évolution humaine (la thermorégulation)  
<https://www.college-de-france.fr/site/jean-jacques-hublin/course-2017-11-21-17h00.htm>

 **Activité 14 : SCIENCES et CROYANCE ... Le crâne d'ours de la caverne du pont d'arc**

**Document 19 : Le chamanisme**

Un crâne d'ours des cavernes a été déposé sur un bloc rocheux, au milieu de la salle.

Sous le crâne comme sous toute la surface du bloc rocheux, de nombreux petits fragments de charbon de bois sont présents.

Un os, un humérus, planté verticalement dans le sol à côté d'un crâne !

Pourquoi cette disposition si particulière ?

S'agit-il de la plus ancienne croyance de l'Humanité ? Le chamanisme, une religion des chasseurs, où le chamane pouvait entrer en contact (par la transe) avec des esprits surnaturels à formes animales comme l'ours.



© Grotte du Pont d'arc



Humérus planté et crâne d'ours – © Grotte du Pont d'arc

## Questions

Que pouvait représenter l'ours pour les Hommes ayant déposé son crâne sur la pierre ? Pourquoi cette « mise en scène » ? Pensez-vous que cette explication à la présence de ce crâne est de nature scientifique ? Proposez une autre hypothèse à la présence de cet os planté verticalement.

## Réponses

L'ours pouvait être un « dieu » ou sa représentation, un « Esprit supérieur ». Il s'agit peut-être des restes d'une cérémonie (restes de feux) où le chamane essayait de rentrer en contact avec les morts en passant par leurs représentations terrestres : les ours ?

« Le chamanisme est une pratique centrée sur la médiation entre les êtres humains et les esprits de la nature ou les âmes du gibier, les morts du clan, les âmes des enfants à naître, les âmes des malades à guérir, la communication avec des divinités, etc. C'est le chamane qui incarne cette fonction, dans le cadre d'une interdépendance étroite avec la communauté qui le reconnaît comme tel. » Wikipédia

Première religion humaine ?

Cette théorie n'a pas fait l'unanimité dans le monde scientifique. En effet cette interprétation de l'art préhistorique est sans fondement scientifique pour certains chercheurs.

**Hypothèse** : L'os planté verticalement par l'Homme pourrait être une « borne signalétique » lui permettant de se repérer dans l'obscurité de la grotte.

**La science** décrit rationnellement le monde réel grâce à des méthodes acceptées par tous les scientifiques.

**La religion** a pour objectif de construire des représentations au-delà du monde réel.

Lien : (vidéo) Conférence - Sur les traces de la spiritualité, avec Jean Clottes, Boris Cyrulnik et Gérard Ostermann  
<https://vimeo.com/223839084>





## ACTIVITE BILAN : Qu'est-ce qu'une théorie scientifique ?

« Chacun est libre, en démocratie, d'avoir des croyances et des opinions personnelles. Il est cependant souvent essentiel pour décider et agir, être libre, de s'appuyer aussi sur des savoirs. (...). La foi peut se décrire, s'exposer, elle ne peut se prouver ; même partagée, elle est de l'ordre de l'intime (...). L'opinion implique quant à elle de s'appuyer sur des choix personnels incertains, eux aussi de l'ordre de la liberté individuelle. Cependant, (...), il est essentiel que leurs partisans soient capable de les exposer rationnellement, condition sine qua non d'un dialogue argumenté. Sans usage de la raison, toutes les positions sont des croyances et leur exposition se limite à une série de monologues. (...)

Le savoir s'adosse pour sa part à des données aussi objectives que possible, soumises à un traitement d'une logique en principe irréprochable. (...), un savoir n'est que la plus grande probabilité de la vérité à un moment « t » et compte tenu des éléments disponibles. (...). Dans le domaine des sciences expérimentales et exactes, une proposition n'est scientifique que s'il est possible de la confirmer ou de la réfuter rationnellement. À ce titre, le statut d'un résultat obtenu par des chercheurs est celui d'une hypothèse, il n'accède à celui d'un savoir qu'après avoir été vérifié et confirmé par des équipes indépendantes. (...) Certes, la science elle-même hésite souvent entre plusieurs théories, logiques les unes et les autres mais contradictoires. On est alors dans le domaine des hypothèses en attente de l'émergence d'un savoir accepté.

Au total, les croyances et les opinions n'ont pas de place dans l'étude des lois de l'univers et du monde vivant. La science n'a pas à se prononcer sur les convictions intimes (...). La discussion d'hypothèses scientifiques tels l'évolution du climat et ses causes repose sur des données, pas sur des opinions. (...) »

Axel Kahn, le 25 octobre 2015

<http://axelkahn.fr/croyance-opinion-et-savoir/>

### QUESTIONS

- Soulignez, dans cet extrait d'un texte d'Axel Khan, les mots ou phrases qui différencient croyance, opinion et savoir scientifique.
- Qui est Axel Khan ? Faire une recherche internet
- Pourquoi la théorie de l'évolution biologique ne peut être considérée comme une croyance ?
- A partir de ce texte, des documents proposés et des réponses aux activités précédentes, réaliser une carte mentale montrant les différences entre ces 3 mots.

### Documents complémentaires

« La méthode scientifique est une démarche rigoureuse et objective étudiant des phénomènes à partir d'un modèle théorique ou pour vérifier des hypothèses qui confirment ou infirment la théorie. Une théorie est un ensemble de conjectures qui ont été confirmées par la voie expérimentale. De simples conjectures ne sont pas une théorie, elles ne sont que des spéculations. Une théorie établit des liens logiques de causalité entre des faits observés que l'on décrit rationnellement au moyen des mathématiques. La science ne se réfère qu'aux faits, et la science ne prend pas en compte l'implication émotionnelle ou culturelle du scientifique. Chaque théorie scientifique est provisoire et les nouvelles théories ne sont que des approximations meilleures que celles qui les ont précédées. La convention première qui confère à une connaissance son caractère scientifique c'est qu'on puisse répéter, en quelque sorte, la découverte ; refaire l'observation, reprendre le raisonnement, confronter de nouveau les hypothèses aux faits. C'est-ce que nous appelons faire de la reproductibilité. Le phénomène unique observé par une unique personne ne peut donc être l'objet d'une connaissance scientifique : les croyances pseudo-scientifiques ainsi que les expériences mystiques individuelles à travers les différentes religions en sont deux exemples. (...) » J. Ph. C. Manson

### Quelques critères de la démarche scientifique :

Logique et validité des hypothèses : prémisses, preuves.

Falsifiabilité (réfutabilité) : il existe une façon de prouver qu'une hypothèse est fausse.

Répliquabilité : l'expérience est reproductible

La réfutabilité : l'expérimentation scientifique est un ensemble d'observations d'un phénomène reproductible, prédictible et réfutable (il existe une façon de prouver qu'une hypothèse est fausse).

**Une croyance** se nourrit d'analogies, de symbolisme, de mysticisme, souvent à travers beaucoup de contradictions. Une croyance reste indifférente au principe de causalité. Il faut savoir qu'une hypothèse scientifique objective se distingue d'une opinion subjective.

Un exemple de croyance, obsolète aujourd'hui, est celui de la Terre plate.

Une théorie scientifique se fonde tout d'abord sur des observations, à partir desquelles on élabore des hypothèses et des modèles que l'on teste ensuite pour vérifier qu'elles correspondent à la réalité.

### REPONSES

Axel Khan : est un scientifique, médecin généticien

En cours de SVT, la question « croire ou pas en l'évolution biologique » n'a pas de sens car l'évolution biologique est un savoir scientifique, pas une croyance en laquelle chaque individu croit ou non. On n'enseigne pas les croyances en cours de sciences : on enseigne seulement les savoirs scientifiques.

Une théorie n'est pas directement observable, elle explique les faits observés.

L'évolution en général ne peut pas être considérée comme un fait car personne n'a pu observer l'évolution des espèces dans son intégralité. Néanmoins il existe des faits d'évolution. L'évolution explique simplement et avec cohérence une très grande quantité de faits comme les fossiles ou l'adaptation des espèces. C'est pour cela qu'elle est une théorie scientifique.

### Source :

[http://edu.mnhn.fr/pluginfile.php/1533/mod\\_page/content/1/chapitre\\_enseigner\\_une\\_theorie\\_scientifique/evolution\\_question/evo\\_en\\_questions\\_MNHN.pdf](http://edu.mnhn.fr/pluginfile.php/1533/mod_page/content/1/chapitre_enseigner_une_theorie_scientifique/evolution_question/evo_en_questions_MNHN.pdf)

### D'autres liens (Lycée)

Au XXe siècle, la subjectivité des sciences : <http://journals.openedition.org/leportique/406>

Le vivant : L'usage régulateur de l'idée de finalité dans la biologie contemporaine

[http://www.philopsis.fr/IMG/pdf/l\\_usage\\_regulateur\\_de\\_l\\_idee\\_de\\_finalite\\_dans\\_la\\_biologie\\_contemporaine.pdf](http://www.philopsis.fr/IMG/pdf/l_usage_regulateur_de_l_idee_de_finalite_dans_la_biologie_contemporaine.pdf)

Connaissances scientifiques vs Croyances (religieuses)

