

POUR BIEN COMMENCER

Quelques notions déjà vues

SVT Cycle 4 Définition d'une espèce

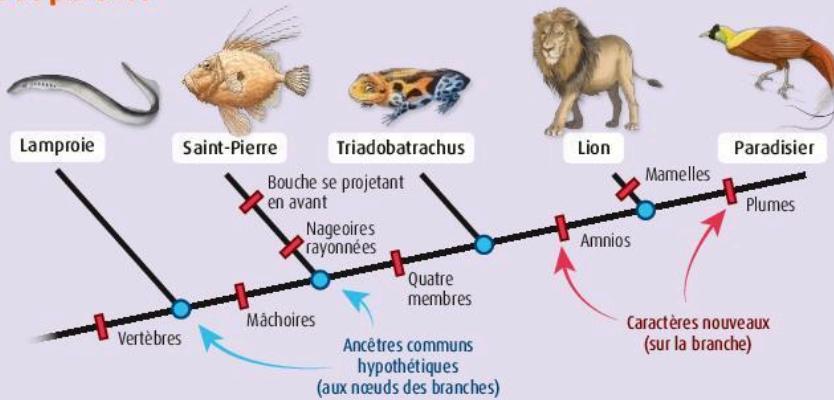
Il y a plusieurs façons de définir le concept d'espèce. Selon la définition biologique, des individus capables de se reproduire entre eux et dont la descendance est fertile et viable appartiennent à la même espèce.

Caractéristiques	Critère de ressemblance	Critère d'interfécondité
Définition et exemple	Quand on voit un chat, on considère qu'il appartient à l'espèce chat car il ressemble aux autres chats.	Si deux individus peuvent se reproduire entre eux et donner une descendance viable et fertile, ils appartiennent à la même espèce.
Avantage	Peut être utilisé sur des organismes morts ou fossilisés.	Ce critère est à la base de la définition biologique de l'espèce et est en accord avec la théorie de l'évolution.
Inconvénient	Certains individus qui se ressemblent n'appartiennent pas à la même espèce.	Nécessite de disposer des individus vivants ou d'échantillons avec du matériel génétique.
Utilisation scientifique	Ce fut longtemps le seul critère utilisé pour comparer les espèces avec celles de référence, conservées dans les musées.	Grâce à l'étude génétique des individus, on peut savoir si deux individus pourraient se reproduire entre eux et sont donc de la même espèce. Sinon on dit qu'il y a isolement reproducteur.

Deux critères sont utilisés pour définir une espèce. Le critère de ressemblance est utilisé pour définir des espèces éteintes, en paléoanthropologie par exemple.

SVT Cycle 4 Lecture d'un arbre de parenté

Un arbre de parenté permet de visualiser l'évolution biologique. Il montre « qui partage quoi avec qui » et permet de répondre à la question « qui est plus proche parent de qui ? » parmi un ensemble d'espèces.



Se tester avant de démarrer

Savez-vous répondre aux questions suivantes ?

- Comment s'appelle l'ancêtre commun à tous les êtres vivants ?
- Sur quels indices les scientifiques s'appuient-ils pour établir des liens de parenté entre les êtres vivants ?
- Quel genre regroupe les plus proches parents de l'espèce humaine actuelle ?

Excavation d'un squelette humain lors de fouilles archéologiques à Cova des Pas. Ce site archéologique de l'île de Minorque, en Espagne, a été découvert en 2005. Environ 100 squelettes datés entre -1200 et -800 avant J.-C. ont été depuis découverts lors de fouilles dans ce site funéraire de la fin de l'âge de Bronze.

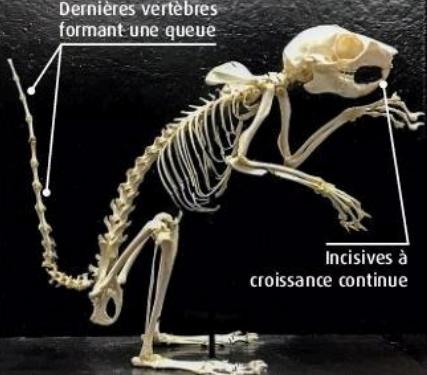
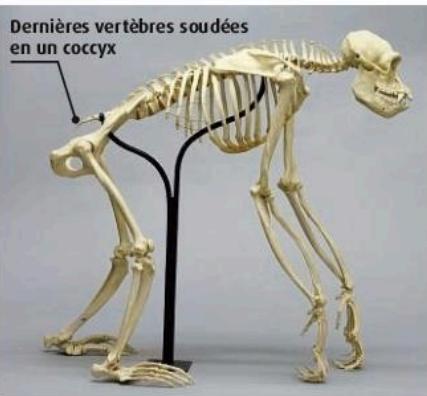
L'ÉVOLUTION
HUMAINEA photograph showing a close-up of a hand wearing a leather bracelet, holding a wooden paintbrush with a leather strap. The hand is carefully brushing away dirt from a fossilized human skull and other skeletal remains on a rocky, earthy surface. The scene is bathed in warm sunlight.

Comment les approches phylogénique et paléoanthropologique permettent-elles de retracer l'histoire de l'évolution humaine au sein du monde vivant ?

Nous sommes des grands singes

Au XVIII^e siècle, le scientifique Carl von Linné fut le premier à classer l'espèce humaine parmi les primates. Aujourd'hui, au sein des primates, notre espèce est classée dans le sous-groupe des grands singes.

Quels sont les liens de parenté entre l'espèce humaine et les autres primates ?



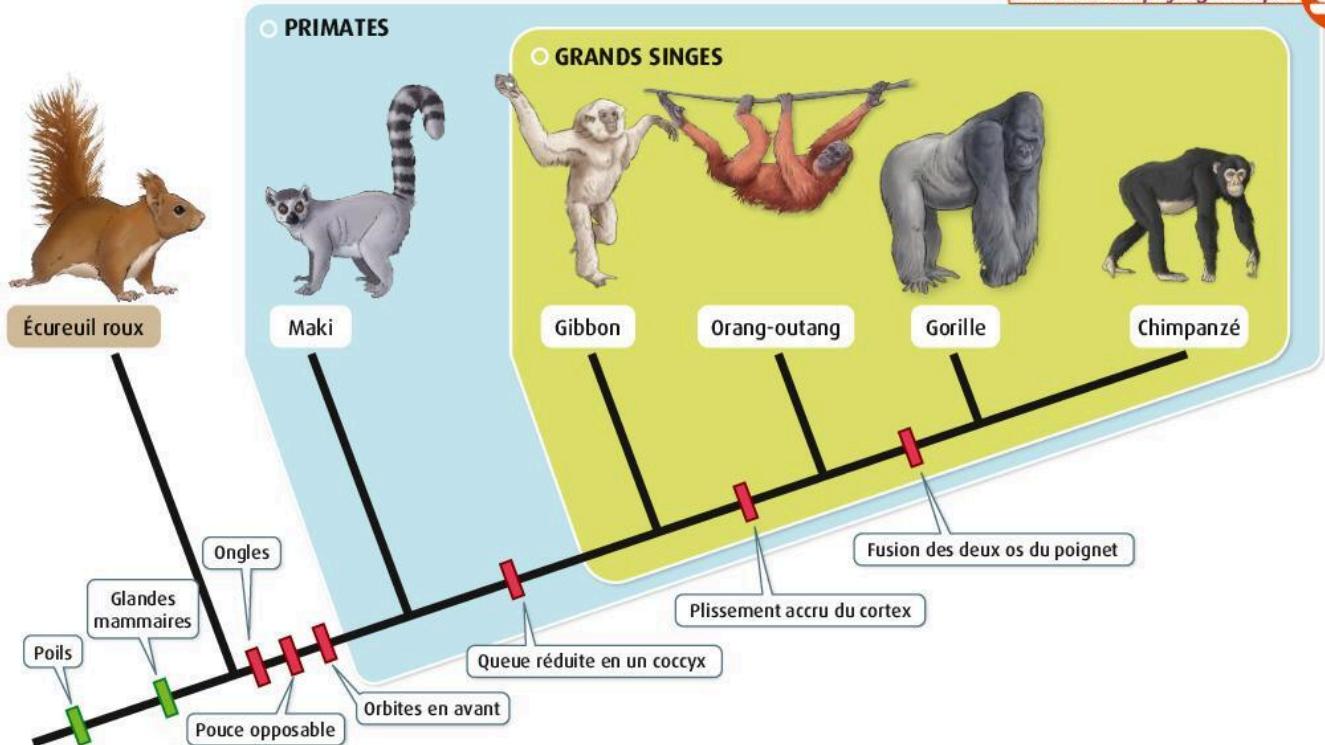
DOC 1 Quelques caractères chez le chimpanzé commun et l'écureuil roux.

Tous deux possèdent notamment des poils et des glandes mammaires. Ce sont donc des mammifères. Le chimpanzé commun appartient au groupe des primates, l'écureuil roux, au groupe des rongeurs. Cette classification est fondée sur le partage exclusif de certains caractères morpho-anatomiques, sélectionnés par les scientifiques.

Classer des primates avec le logiciel Phylogène

	Écureuil roux (rongeur)	Maki catta	Être humain	Gibbon agile	Orang-Outan de Bornéo	Saki à face blanche	Gorille de l'Ouest	Chimpanzé commun
Orientation des orbites	Non orientées vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant
Pouce	Non opposable	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable
Terminaison des doigts	Griffes	Ongles	Ongles	Ongles	Ongles	Ongles	Ongles	Ongles
Appendice nasal	Truffe	Truffe	Nez	Nez	Nez	Nez	Nez	Nez
Queue	Présente	Présente	Réduite	Réduite	Réduite	Présente	Réduite	Réduite
Plissemens du cortex cérébral	Non accus	Non accus	Accrus	Non accus	Accrus	Non accus	Accrus	Accrus
Fusion de deux os du poignet	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui
Suture des os maxillaires et prémaxillaires	Non effacée	Non effacée	Effacée	Non effacée	Non effacée	Non effacée	Non effacée	Effacée

DOC 2 Caractères morpho-anatomiques d'un échantillon de mammifères.

[Lire un arbre phylogénétique](#)**DOC 3** Arbre phylogénétique construit à partir de six des huit espèces du **DOC. 2**.**Interview de Guillaume Lecointre,
professeur du Muséum national
d'Histoire naturelle**

Un caractère peut se présenter sous deux états. Par exemple, le caractère « pouce » peut être sous

l'état « pouce non opposable » ou « pouce opposable ». L'un de ces deux états dérive de l'autre. C'est l'état « dérivé ». Seuls les états dérivés des caractères témoignent d'une parenté. En effet, si plusieurs espèces partagent un caractère à l'état dérivé, c'est qu'elles l'ont d'ancêtres communs uniquement à ces espèces. Chez ces ancêtres, une innovation évolutive s'est produite : la transformation du caractère vers l'état dérivé. Cette innovation s'est transmise à tous les descendants. Pour connaître l'état dérivé d'un caractère, on prend une espèce extérieure à l'échantillon d'espèces que l'on étudie. Ici, il s'agit d'un rongeur alors que l'échantillon d'espèces à classer est constitué de primates. Chez l'écureuil, le pouce n'est pas opposable. L'état dérivé pour le pouce est donc « opposable ». On considère que plus des espèces partagent de caractères à l'état dérivé en commun, plus elles sont proches parentes.

	Chimpanzé commun	Gorille de l'Ouest	Orang-outan de Bornéo
Être humain	98,76 % ± 0,07 %	98,38 % ± 0,08 %	96,92 % ± 0,11 %

DOC 5 Ressemblance génétique moyenne entre l'être humain et trois autres grands singes.

Les ressemblances entre les espèces sont aussi étudiées à partir du séquençage et de la comparaison de leur génome. Dans cette étude, 53 fragments d'ADN présents chez les orangs-outans de Bornéo, les gorilles de l'Ouest, les chimpanzés communs et les êtres humains ont été comparés. Plus deux espèces se ressemblent d'un point de vue génétique, plus leur divergence depuis leurs derniers ancêtres communs est récente.

DOC 4 Quels caractères morpho-anatomiques témoignent d'une parenté ?**EXPLOITER LES DOCUMENTS**

- Justifiez notre appartenance au groupe des primates puis à celui des grands singes (**DOCS 1, 2 et 3**).
- Reproduisez le **DOC. 3** en y plaçant la branche du saki à face blanche, celle de l'espèce humaine et les caractères dérivés associés. Déduisez-en avec quelle espèce nous partageons l'ancêtre commun le plus récent (**DOCS 2, 3 et 4**).
- Comparez le pourcentage de ressemblance génétique entre l'être humain et les autres grands singes et concluez (**DOC. 5**).

ESPRIT CRITIQUE

Cette activité vous a permis de classer l'être humain parmi les primates et, plus précisément, parmi les grands singes.

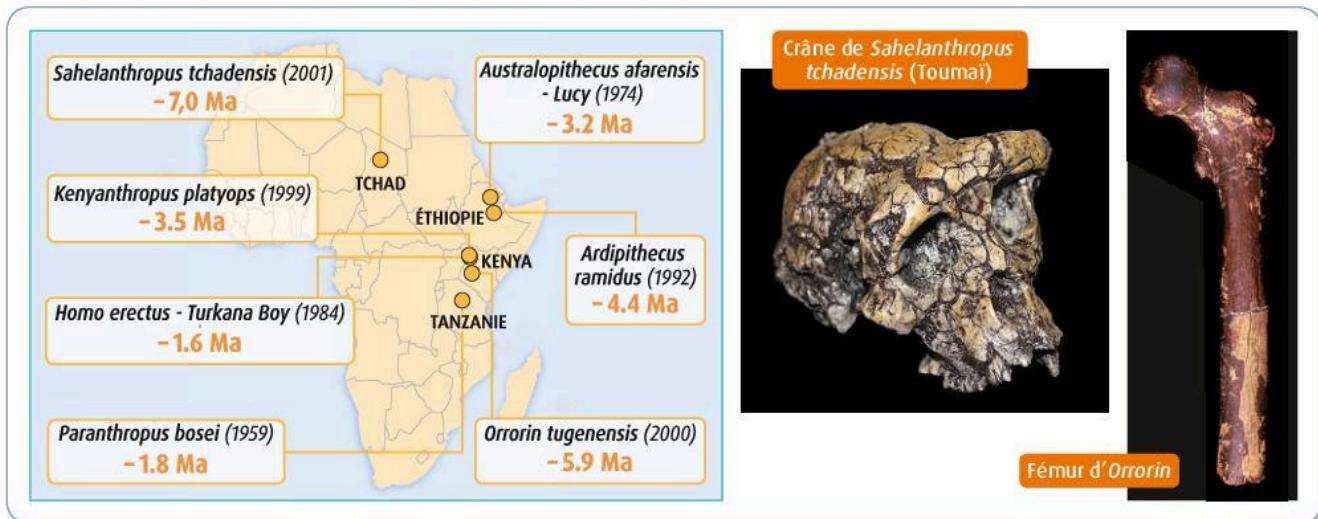
→ Cela signifie-t-il que l'on doit mettre sur le même plan la vie d'un humain et celle d'un macaque ?

Pistes de travail ► **DOC. 1 p. 250**

Aux origines de l'humanité

La lignée humaine, ou groupe des hominines, comprend les humains et toutes les espèces fossiles plus proches parentes des humains que des chimpanzés. Les derniers ancêtres communs à la lignée humaine et celle des chimpanzés datent d'environ 7 millions d'années.

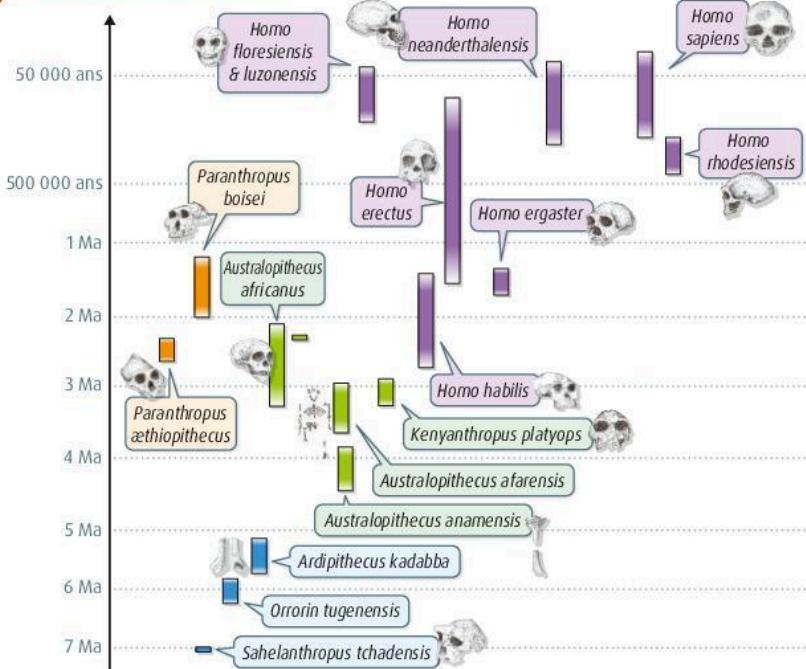
Quels sont les caractères qui distinguent la lignée humaine de celle des chimpanzés ?



DOC 1 Répartition de quelques fossiles d'hominines en Afrique. À ce jour, les paléoanthropologues n'ont trouvé qu'en Afrique des restes fossiles de représentants des hominines antérieurs au genre *Homo*. Les données génétiques sur des populations actuelles confirment l'hypothèse que le berceau de l'humanité est situé en Afrique.



Fichier numérique support



DOC 2 Répartition temporelle de quelques hominines.

Differentes espèces de la lignée humaine ont évolué conjointement. Notre espèce, *Homo sapiens*, est aujourd'hui la seule représentante vivante. D'après Dominique Grimaud-Hervé, 2019

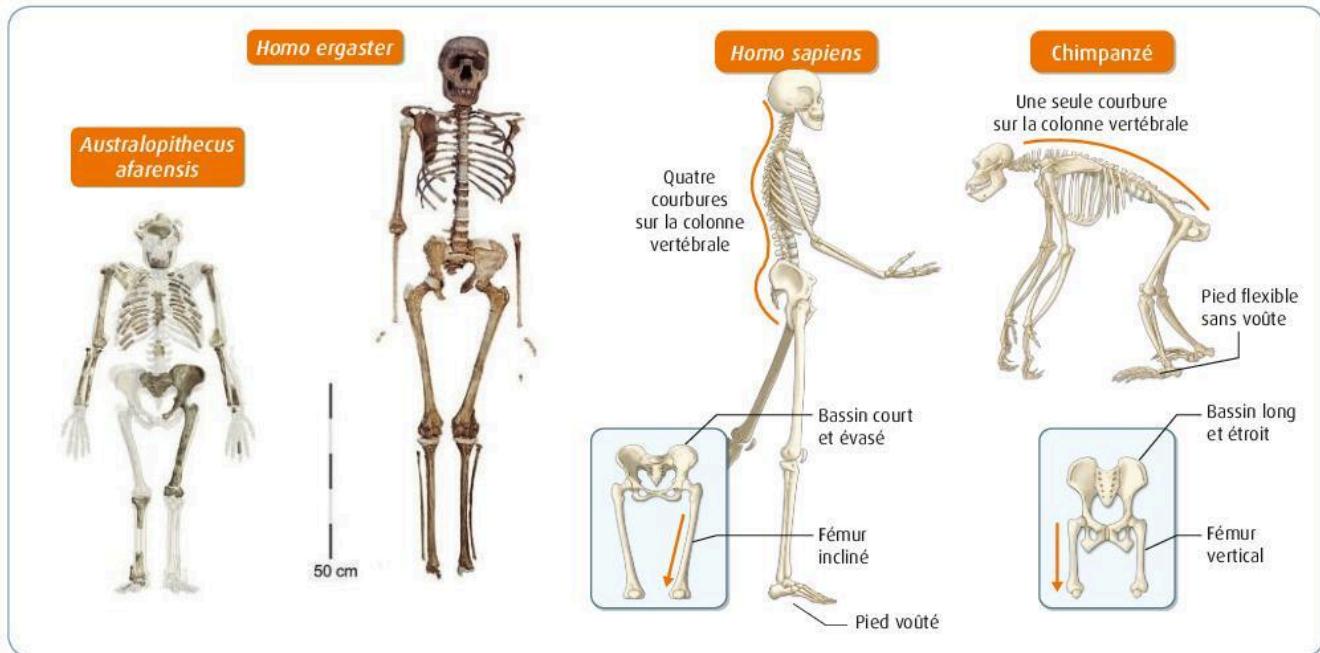
ESPRIT CRITIQUE



Interview de Véronique Barriel, chercheuse au Muséum national d'Histoire naturelle

L'étude de l'évolution des hominines à partir de leurs restes fossiles, ou **paléoanthropologie**, s'intéresse aux traits de vie d'une espèce : quelle morphologie les os de ses représentants présentent-ils, comment ces derniers s'alimentaient-ils, quels objets fabriquaient-ils, avaient-ils des pratiques artistiques, etc.? Dans ce vaste champ d'étude, on peut également se demander : «Qui est plus proche de qui?» C'est l'approche **phylogénétique**, qui vise à établir les relations de parenté entre des fossiles : à quels autres fossiles sont-ils apparentés, quels caractères sont-ils partagés, etc.? Les résultats peuvent alors être débattus et il arrive que la position phylogénétique attribuée à un fossile change au cours du temps. C'est normal, la science avance ainsi : un résultat publié peut être remis en cause par des études ultérieures.

DOC 3 Comment étudie-t-on l'évolution des hominines?



DOC 4 Le squelette d'un chimpanzé et de trois hominines: *Australopithecus afarensis* (espèce éteinte), *Homo ergaster* (espèce éteinte), *Homo sapiens* (espèce vivante).

ESPRIT CRITIQUE



DOC 5 Position du trou occipital chez un chimpanzé et trois hominines. La colonne vertébrale s'insère dans le crâne par un orifice nommé trou occipital. La position de cet orifice et le mode de locomotion de l'animal sont liés.



Interview de Dominique Grimaud-Hervé, chercheuse au Muséum national d'Histoire naturelle

La bipédie prolongée est une aptitude propre aux hominines. Elle est associée à des caractères portant sur la position du trou occipital, les courbures de la colonne vertébrale, la forme du bassin et l'inclinaison des fémurs. La morphologie de hominines présente également des caractéristiques spécifiques en lien avec la capacité à manipuler, fabriquer des outils ou grimper. C'est donc par un ensemble de caractères liés au squelette qu'on peut rattacher un fossile aux hominines. La tâche est souvent complexe. Ainsi, la position du trou occipital peut se présenter sous une multitude d'états, depuis une position très reculée et orientée vers l'arrière (chez les quadrupèdes) jusqu'à une position avancée et orientée vers l'avant chez les stricts bipèdes. Par ailleurs, les fossiles peuvent être incomplets (on ne connaît pas le crâne d'*Ororin*) ou déformés. C'est le cas du crâne de *Sahelanthropus*, dont la morphologie a été reconstituée grâce à une modélisation numérique. Or cette reconstitution est l'objet de débats parmi les scientifiques.

DOC 6 Comment savoir si un fossile appartient à la lignée humaine?

EXPLOITER LES DOCUMENTS

- Justifiez le fait que l'évolution des hominines est buissonnante (**DOCS 1 à 3**).
- Justifiez l'appartenance d'*Australopithecus afarensis*, d'*Homo ergaster* et d'*Homo sapiens* au groupe des hominines (**DOCS 4 à 6**).

ESPRIT CRITIQUE

Les fossiles d'hominines ont été au cœur de plusieurs controverses scientifiques.

- Recherchez un exemple de controverse portant sur des fossiles d'hominines et expliquez en quoi cela participe au fonctionnement normal de la science.

Pistes de travail ► **DOCS 3 et 6, recherche Internet**

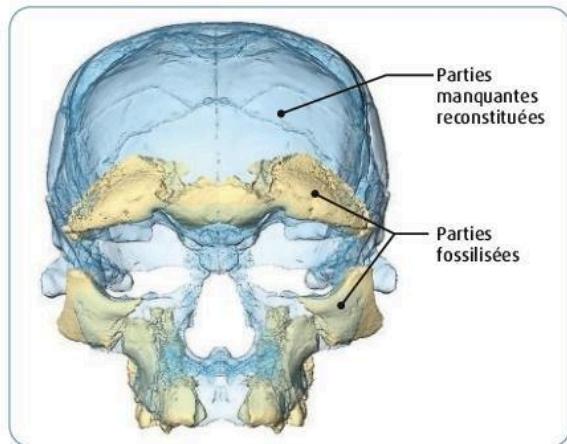
Le genre *Homo*

Dans la lignée humaine (ou groupe des hominines) se trouvent les espèces du genre *Homo* que l'on nomme les espèces humaines. *Homo sapiens*, notre espèce, en est le seul représentant vivant.

Quels sont les caractères propres au genre *Homo* et à notre espèce *Homo sapiens* ?



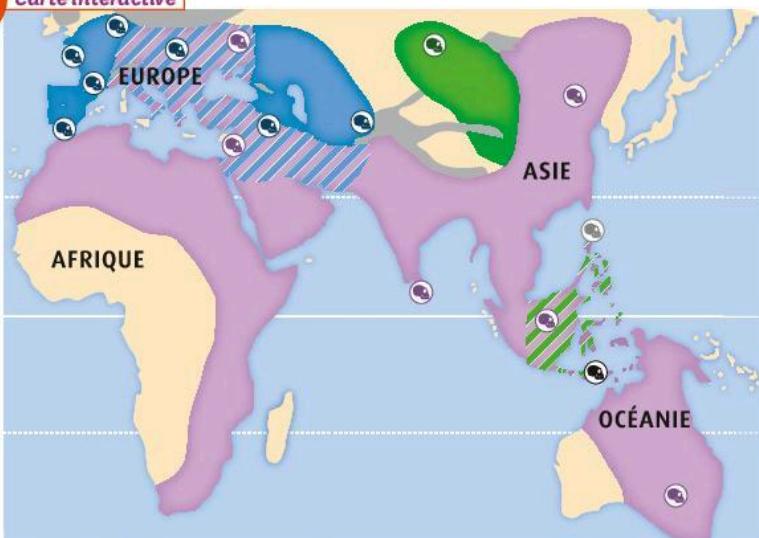
DOC 1 Fragment de mandibule fossilisée du plus vieux représentant du genre *Homo*. Ce fragment découvert en 2013 en Éthiopie et daté de 2,8 Ma a été attribué au genre *Homo*. Il a ainsi fait reculer de 400 000 ans l'âge du plus vieux représentant connu de ce genre. Des restes fossiles de plusieurs individus assignés au genre *Homo* ont été découverts en Afrique, en Europe et en Asie (voir **DOC. 3** ci-dessous). Ces individus appartenant à des espèces aujourd'hui disparues ont vécu entre -2,5 millions d'années et -28 000 ans.



DOC 2 Crâne du plus vieux représentant d'*Homo sapiens*. Les restes fragmentaires d'au moins 5 individus ont été découverts depuis 1960 dans une grotte à Jebel Irhoud (Maroc). Ils sont associés à des outillages de pierre taillée et des restes d'animaux chassés. En 2017, des chercheurs ont daté l'un de ces ossements à -315 000 ans ± 34 000 ans. Ils vieillissent de plus de 100 000 ans l'âge attribué à l'espèce *Homo sapiens*. Depuis 28 000 ans, cette espèce est l'unique représentante du genre *Homo*.



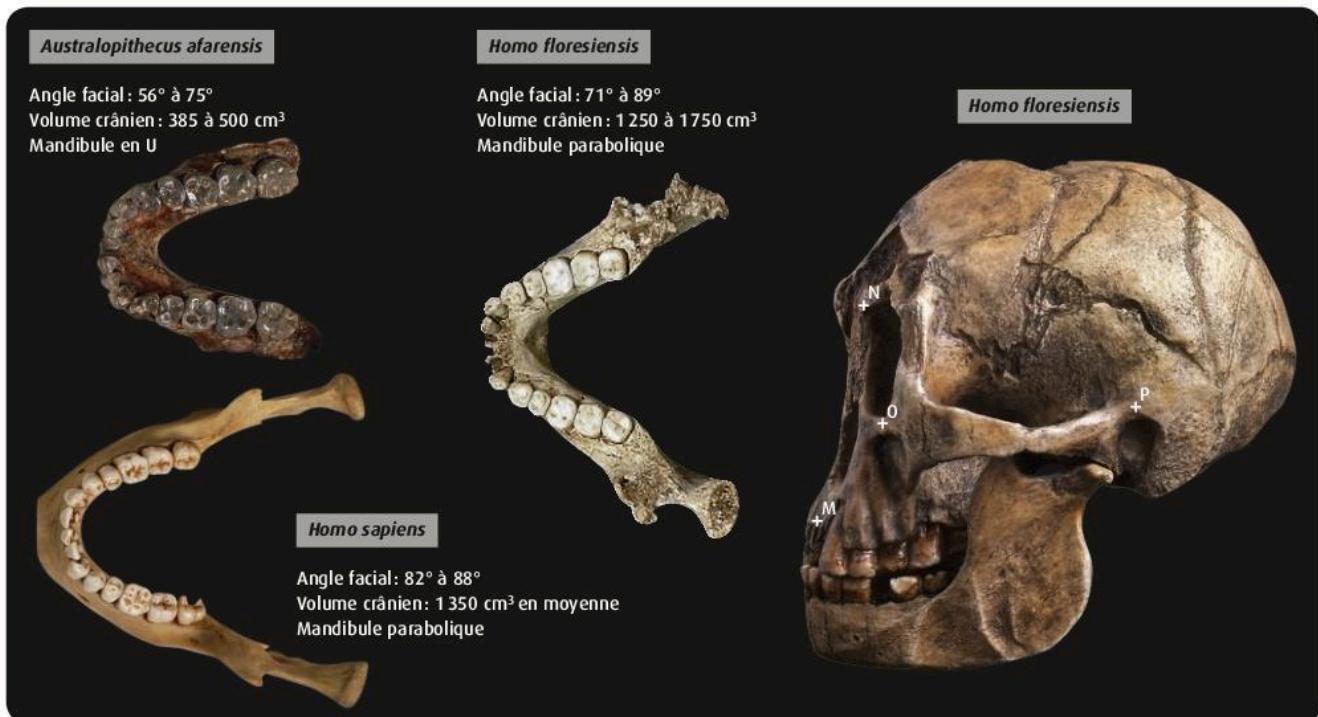
Carte interactive



DOC 3 Aire de répartition supposée des espèces du genre *Homo* il y a 40 000 ans: *Homo sapiens*, *H. neanderthalensis*, *H. floresiensis*, *H. denisovensis*, *H. luzonensis*. Cette carte a été établie grâce à la découverte et la datation de restes humains (ossements, productions, outils).

Les migrations des différentes populations humaines au cours du temps ont été établies grâce à la localisation et la datation des ossements, productions et outils découverts. Par ailleurs, par détermination de la séquence en nucléotides de génomes entiers préservés dans certains ossements, les généticiens ont mis en évidence un métissage d'*Homo sapiens* avec *Homo neanderthalensis* en Europe et *Homo denisovensis* en Asie. Cela signifie que des individus considérés comme appartenant à des espèces distinctes se sont reproduits et ont eu une descendance fertile... Par conséquent, faut-il encore les considérer comme des espèces distinctes? Le débat est ouvert. Ce métissage est visible dans le génome des humains actuels. On estime que 2 % du génome des Eurasiatiques proviennent des Néandertaliens et que 5 % du génome des Papous de Nouvelle-Guinée est originaire des Denisoviens (voir aussi définition d'une espèce en paléoanthropologie p. 240 et **DOC. 4** p. 251).

DOC 4 Des métissages au sein du genre *Homo*.



DOC 5 Photo de crâne vu de profil et de mandibule de trois hominines. La forme de la mandibule est un caractère propre à tous les représentants du genre *Homo*. Le prognathisme est la projection plus ou moins avancée des deux mâchoires par rapport à la verticale allant du front au nez. En paléoanthropologie, on évalue le prognathisme de la mâchoire supérieure, grâce à la mesure de l'angle facial. Celui-ci correspond à l'angle aigu formé par les droites (OP) et (MN). Plus l'angle est faible, plus le prognathisme est prononcé.



Interview de Gilles Berillon, chercheur au Muséum national d'Histoire naturelle

La bipédie est commune parmi les primates mais la marche bipède habituelle est propre aux hominines. Sa forme humaine est liée à un ensemble de caractéristiques du squelette, comme un trou occipital situé sous la tête, une colonne vertébrale à quatre fortes courbures, un pelvis court en forme de bassin, des membres inférieurs relativement longs, des genoux adductés (orientés vers l'intérieur), un pied voûté et un centre de gravité proche des hanches. Ces caractères, ainsi que les propriétés des muscles, tendons et ligaments, rendent cette marche économique :

l'extension du genou et l'oscillation vers le haut du centre de gravité, la rotation inverse des épaules et du bassin... Dans l'histoire des hominines, ces caractères présentent des états et des combinaisons variés: des membres inférieurs assez courts et des genoux adductés chez *Australopithecus afarensis*, ou un pelvis assez court et des pieds flexibles chez *Ardipithecus Ramidus*. Au fil des découvertes, le plus souvent constituées de restes incomplets, la tâche des paléoanthropologues s'avère complexe. Ils pensent que si l'organisation générale de l'appareil locomoteur des hominines leur permettait une marche bipède efficace, elle a pu être réalisée de manière variée, propre à chaque espèce, associée à d'autres modes de locomotion comme le grimper.

DOC 6 Comment assigne-t-on une nouvelle espèce au genre *Homo*?

EXPLOITER LES DOCUMENTS

1. Représentez sous forme d'un arbre phylogénétique les liens de parenté entre le maki catta, le chimpanzé commun, *Australopithecus afarensis*, *Homo floresiensis* et *Homo sapiens*. Caractères à utiliser: bipédie prolongée, bipédie stricte, mandibule parabolique, queue réduite en coccyx, volume crânien > 550 cm³, face plate (**DOCS 1, 5 et 6**).
2. Indiquez les arguments scientifiques permettant d'affirmer la coexistence de notre espèce avec d'autres espèces d'humains et son hybridation avec certaines d'entre elles (**DOCS 2, 3, 4 et 6**).

ESPRIT CRITIQUE

Quelques dents et quelques os pour faire une nouvelle espèce d'humain, est-ce bien sérieux ?

→ Répondez à cette objection en listant les difficultés rencontrées par les scientifiques et les solutions qu'ils mettent en œuvre.

Pistes de travail ► **DOC. 6 et DOC. 4 p. 251**

Notre humanité plurielle

Les populations actuelles d'*Homo sapiens* sont extrêmement proches d'un point de vue génétique. C'est pourquoi on ne distingue aucune race chez les humains. Pour autant, elles présentent une très grande diversité de cultures.

Comment décrire et expliquer la diversité culturelle des populations humaine ?

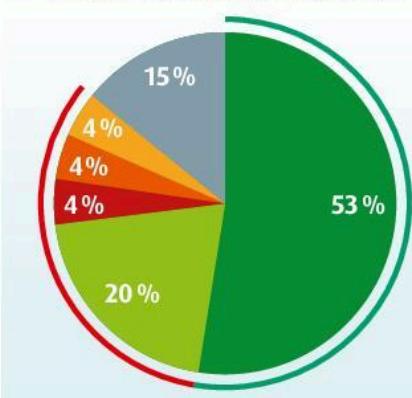


Régime alimentaire: principalement végétarien, à base de céréales et de légumineuses.



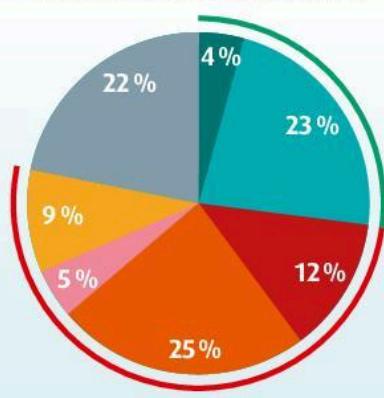
Régime alimentaire: plus carné et à base de blé. Par rapport au régime burkinabé, plus riche en glucides (+98%), lipides (+118%) et en protéines (+83%), moins riche en fibres (30%).

MICROBIOTE D'ENFANTS BURKINABÉS



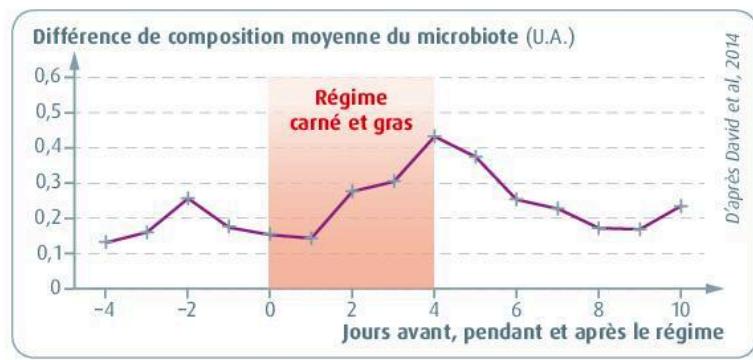
Bacteroidetes		Firmicutes	
Prevotella	■	Acetitomaculum	■
Xylanibacter	■	Faecalibacterium	■
Alistipes	■	Roseburia	■
Bacteroides	■	Subdoligranulum	■
Autres			

MICROBIOTE D'ENFANTS FLORENTINS



DOC 1 Alimentation et microbiote à Boulpon, village du Burkina Faso (2019) et à Florence (Italie).

DOC 2 Le lien entre alimentation et microbiote.
Onze volontaires, de régime omnivore, ont suivi un régime uniquement à base de viande et de graisses pendant 4 jours puis ils ont repris leur régime habituel. Au fil de l'expérience, les chercheurs ont calculé la différence de diversité du microbiote intestinal par rapport à la diversité initiale mesurée chez ces volontaires plus de 4 jours avant le début de l'expérience.





Interview de Gilles Siouffi, linguiste et professeur à Sorbonne Université

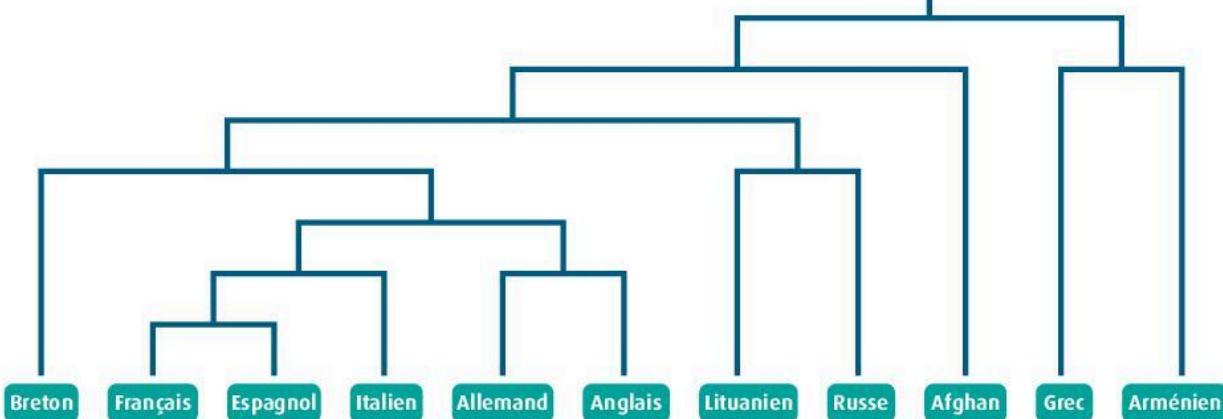
Podcast



Il existe différentes méthodes pour établir des parentés entre les langues. L'une d'elles consiste à identifier les mots que les langues ont hérités d'un ancêtre commun. Cette approche, qui retrace l'évolution d'un mot, est une approche linguistique évolutionniste. C'est comme cela que l'on conclut que le français fait partie des langues romanes, c'est-à-dire héritées du latin. Les langues apparentées possèdent un nombre significatif de points communs : sur l'étymologie des mots, la grammaire ou encore la phonétique par exemple. Les langues peuvent alors, comme les êtres vivants, être positionnées sur des arbres phylogénétiques.

Cette approche possède cependant des limites. L'arbre phylogénétique ne permet pas de prendre en compte les métissages entre les différentes langues. L'anglais est par exemple une langue très métissée, issue approximativement à 50% d'une langue germanique et à 50% du latin (parfois par le biais du français). Il faut aussi compter avec certains changements brutaux comme la disparition d'une langue. L'abandon du gaulois vers le V^e siècle ne peut ainsi s'expliquer qu'en prenant en compte le contexte historique de la conquête de la Gaule par l'empire romain.

Une phylogénie de quelques langues indo-européennes



DOC 3 Comment établir des parentés entre les langues?

Interview de Gilles Siouffi

Le langage est une capacité à s'exprimer, peut-être codée génétiquement, tandis qu'une langue est un langage commun à un groupe social. L'enfant apprend d'abord à comprendre et à imiter la langue qui l'entoure. Il invente ensuite sa propre langue qu'il confronte à celle de ses interlocuteurs. L'acquisition de la langue s'effectue en parallèle du développement cérébral et se termine généralement vers 5 ans.

Parce que chaque enfant ne parle jamais exactement comme ses parents, la langue se modifie. Des facteurs

internes déterminent les prédispositions d'une langue à changer. Ce sont par exemple des évolutions phonétiques. En français, depuis un siècle environ, on observe une diminution de la différence masculin/féminin à l'oral (dans la phrase «je suis partie», le «e» final est devenu muet). De plus, des **facteurs externes**, géographiques, sociaux et politiques, influencent une langue. Au Québec, la préservation du français des influences anglaises voisines est ainsi en partie le fruit d'une volonté politique.

DOC 4 Comment une langue se transmet-elle et évolue-t-elle?

EXPLOITER LES DOCUMENTS TÂCHE COMPLEXE



Mission: Vous répondrez au problème posé sous la forme d'un exposé oral s'appuyant sur un diaporama.

Pistes de réalisation. À partir des documents et d'une recherche personnelle, vous pourrez décrire la diversité de quelques traits culturels de notre espèce, et montrer que ces traits se transmettent de façon non génétique.

ESPRIT CRITIQUE

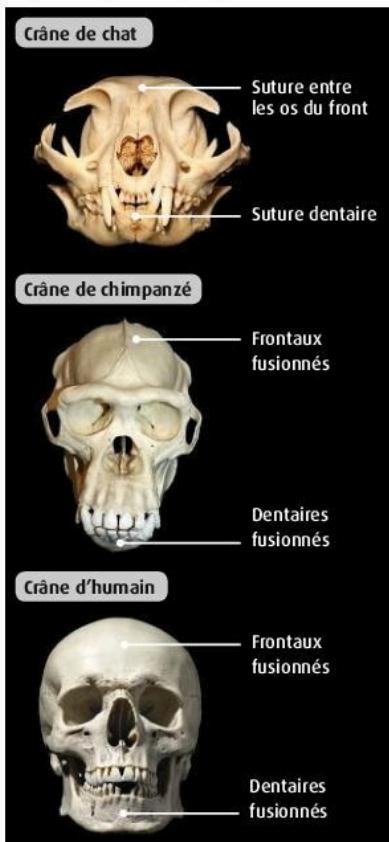
Cette activité vous a montré qu'une langue évolue.

→ Peut-on aborder avec une même approche scientifique l'évolution d'un caractère anatomique et celle d'un caractère culturel ?

Pistes de travail ► DOC. 3

Le Vrai/Faux de l'évolution humaine

1. L'être humain est un singe. Vrai ou Faux ?



Réponse de Guillaume Lecointre

VRAI!

Scientifiquement, nous sommes des singes. Le langage zoologique définit le singe comme synonyme de « simiiforme », à savoir les primates qui ont les deux os du front fusionnés en un seul, et les deux os dentaires fusionnés en un seul. Comme les humains possèdent ces caractéristiques, ce sont donc bien des singes. Dire que l'humain descend du singe est incomplet car cela suggère que nous ne sommes plus des singes.

Mais pourquoi cette phrase nous dérange-t-elle ?

D'abord parce que nos cultures sont en partie fondées sur une séparation entre l'humain et la nature, et encore plus entre l'humain et les animaux. Or la science fonctionne à l'inverse en concevant les relations humains-animaux en termes de partage de caractères. Ensuite parce que nous transposons parfois le langage scientifique dans un autre registre : celui des valeurs. Le but de la science n'est pas de faire plaisir, ni de rassurer, ni de déplaire, ni de dicter ce qui est « bien » ou « mal ». Il est de comprendre le monde. Scientifiquement, nous sommes des singes. En revanche, la valeur à accorder à la vie d'un singe ou à celle d'un homme ne relève pas de la science.



2. On ne peut pas définir de race chez les humains. Vrai ou Faux ?

Réponse de Guillaume Lecointre

VRAI! On ne peut pas définir de races humaines. Pourtant, certains s'interrogent : « Je vois bien différentes couleurs de peaux dans ma rue, alors pourquoi me dit-on qu'il n'y a pas de races ? » Cette impression de voir des « races » dans la rue tient à deux choses : un biais d'échantillonnage, et le fait de ne regarder qu'un seul critère (ici la couleur de la peau).

Si nous prenons seulement en compte la pigmentation de la peau, nous constatons de fortes variations en observant un échantillon de personnes dans la rue. Comme l'échantillon est petit, ces variations sont discontinues : je vois des peaux blanches, noires, etc. Mais si on échantillonne un million de

personnes à la surface du globe, on obtient un continuum de pigmentation. Il serait impossible de découper objectivement 2 groupes blancs et noirs.

On pourrait prendre alors plusieurs critères, comme les scientifiques le font pour la classification du vivant. Cependant, les différents caractères humains (taille, groupe sanguin, pilosité, pigmentation, gènes, protéines...) ne découpent pas les groupes de la même façon. Or, si nous voulons qu'une classification soit utile à décrire le monde, nous attendons d'elle qu'elle soit robuste. Les « races » humaines n'étant pas assez robustes, elles n'ont pas de sens en sciences.

En revanche, les races canines sont robustes. En effet, en croisant les chiens en fonction de critères qui les intéressaient, depuis plus de dix millénaires, les humains ont forcé la répartition des traits physiques des chiens à devenir cohérente. C'est pourquoi les « races » décrivent assez bien la diversité des chiens domestiques. Le mot « race » est donc utilisé en zootechnique, mais pas en anthropologie.

Un débat qui revient régulièrement : souvent les nouvelles découvertes en évolution humaine soulèvent des questions sur la place de l'humain dans le vivant.

VOTRE MISSION Dans une présentation orale de 5 min, identifiez les pièges que l'on peut rencontrer quand on parle de l'évolution humaine. Indiquez comment les éviter.

«Le but de la science n'est pas de faire plaisir, ni de rassurer, ni de déplaire, ni de dicter ce qui est «bien» ou «mal». Il est de comprendre le monde.» Guillaume Lecointre, professeur du Muséum

Guillaume Lecointre, professeur du Muséum national d'Histoire naturelle

3. L'humain est l'espèce la plus évoluée du monde vivant. Vrai ou faux ?

Réponse de Guillaume Lecointre

FAUX ! Dire qu'une espèce est « primitive » ou « évoluée » n'a pas de sens dans la pensée scientifique moderne. Chaque espèce est un système complexe, c'est-à-dire pourvu de plusieurs caractères, lesquels n'évoluent pas à la même vitesse entre eux, ni à la même vitesse entre espèces. Un caractère se présente sous au moins deux formes, initiale ou dérivée (**DOC. 4** p. 243). L'état initial est celui présent dans l'extra-groupe, c'est-à-dire un groupe en-dehors de celui de l'objet d'étude. L'état dérivé est, par définition, issu du précédent. Sans jugement de valeur, les états initiaux et dérivés sont parfois appelés états primitifs et évolués, respectivement. Ce ne sont pas des groupes entiers qui sont « primitifs » ou « évolués » mais seulement des caractères. Ainsi, chez l'humain, le cerveau peut apparaître très dérivé au regard d'autres cerveaux, mais son métacarpe peut apparaître comme primitif. Pour le cheval c'est l'inverse : son métacarpe est très dérivé, mais son cerveau est plus primitif que celui de l'humain. En bref, comme toute espèce, l'humain est une mosaïque de caractères primitifs (ou initiaux) et dérivés. Considérer l'humain comme une espèce plus évoluée est une vision scientifiquement erronée.



4. Un fossile aussi petit qu'un fragment de mâchoire peut suffire pour déterminer une nouvelle espèce. Vrai ou Faux ?



Réponse de Florent Détroit, chercheur du Muséum national d'Histoire naturelle

VRAI!

une morphologie distincte de celle des autres espèces proches et variant peu entre les individus d'une même espèce, ainsi que des répartitions géographique et chronologique bien délimitées.

Les fossiles que nous avons découverts dans la grotte de Callao aux Philippines (dents et os des mains et des pieds datés d'au moins 50 000 ans) ont d'abord été comparés avec les éléments équivalents chez *Homo sapiens*, seule espèce humaine connue aux Philippines. Après avoir constaté que les fossiles étaient très différents, nous avons élargi les comparaisons à des espèces d'hominines fossiles découvertes dans d'autres régions du monde. Les caractères primitifs et dérivés observés sur les fossiles

philippins indiquaient une combinaison (une mosaïque) très différente de celle qui caractérise les autres espèces d'hominines. Nous avons décidé de les attribuer à une nouvelle espèce : *Homo luzonensis* (la grotte de Callao se trouvait sur l'île de Luzon). Cela montre que d'autres humains ont existé par le passé aux Philippines, appartenant à une espèce contemporaine mais bien différente d'*Homo sapiens*, dont nous cherchons maintenant à comprendre l'histoire évolutive.



Fouilles dans la grotte de Callao

AIDE POUR RÉUSSIR LA MISSION

Dans le cas de l'espèce humaine, identifiez les problèmes posés :

- par l'utilisation du mot singe (**DOC. 1**) ;
 - par la notion de races (**DOC. 2**) ;
 - par la notion d'« espèce évoluée » (**DOC. 3**) ;
 - par le caractère fragmentaire des fossiles humains (**DOC. 4**) .

L'ÉVOLUTION HUMAINE



1. L'être humain est un grand singe

► L'étude des caractères morpho-anatomiques des êtres vivants permet d'établir des liens de parenté. Pour cela, les scientifiques recherchent l'état ancestral et dérivé des caractères, le second étant une innovation évolutive, dérivant de la transformation du premier. Par exemple, chez les primates, le pouce opposable est l'état dérivé du pouce. Le pouce non opposable est l'état ancestral. Le partage d'un caractère à l'état dérivé par plusieurs espèces s'interprète comme hérité d'ancêtres uniquement communs à ces espèces. On considère que plus des espèces partagent de caractères à l'état dérivé, plus elles sont proches parentes. Ces liens de parenté peuvent être présentés sous forme **d'arbres phylogénétiques**. > **Unités 1 et 5**

► Nous présentons des pouces opposables, des ongles, et des orbites en avant de la face. Ces particularités sont des états dérivés de caractères partagés uniquement par les primates. Nous sommes donc des primates. Au sein des primates, la présence d'un coccyx à la place d'une queue est caractéristique des grands singes, encore appelé hominoïdes. Nous sommes donc des grands singes. Parmi les espèces actuelles, c'est avec le genre *Pan* (chimpanzé) que nous partageons le plus de similitudes morpho-anatomiques et génétiques. C'est donc avec lui que nous partageons les plus récents ancêtres communs. > **Unités 1 et 5**

2. Aux origines de l'humanité

► La lignée humaine, ou groupe des hominines, rassemble l'être humain actuel et toutes les espèces fossiles plus proches parentes des humains que des chimpanzés. Les caractères propres aux hominines, étudiés en phylogénie, sont des adaptations à la bipédie prolongée : un trou occipital avancé, un bassin court et évasé et des fémurs inclinés par exemple. > **Unités 2 et 5**

► L'analyse comparée de fossiles en **paléoanthropologie** permet de reconstituer l'histoire de nos origines. Les derniers ancêtres communs à la lignée humaine et celle des chimpanzés datent d'environ 7 Ma. À ce jour, les restes de représentants des hominines antérieurs à 3 Ma n'ont été trouvés qu'en Afrique. Les données génétiques sur des populations actuelles confirment l'hypothèse que la lignée humaine a émergé en Afrique. > **Unité 2**

3. *Homo sapiens* et le genre *Homo*

► Le genre *Homo* regroupe l'espèce humaine actuelle et des espèces humaines fossiles. Les espèces du genre *Homo* ont adopté une bipédie permanente, qui se traduit notamment par un raccourcissement des bras par rapport aux jambes. Au niveau du crâne, le volume cérébral est supérieur à 550 cm³, la face est plate et la mandibule est parabolique. > **Unité 3**

► Plusieurs espèces humaines ont coexisté au même moment sur Terre. Si les interactions entre les espèces humaines sont souvent mal connues, des données génétiques révèlent qu'*Homo sapiens* s'est hybridé avec des Néandertaliens et des Denisoviens. Ce métissage est visible dans le génome des humains actuels. > **Unité 3**

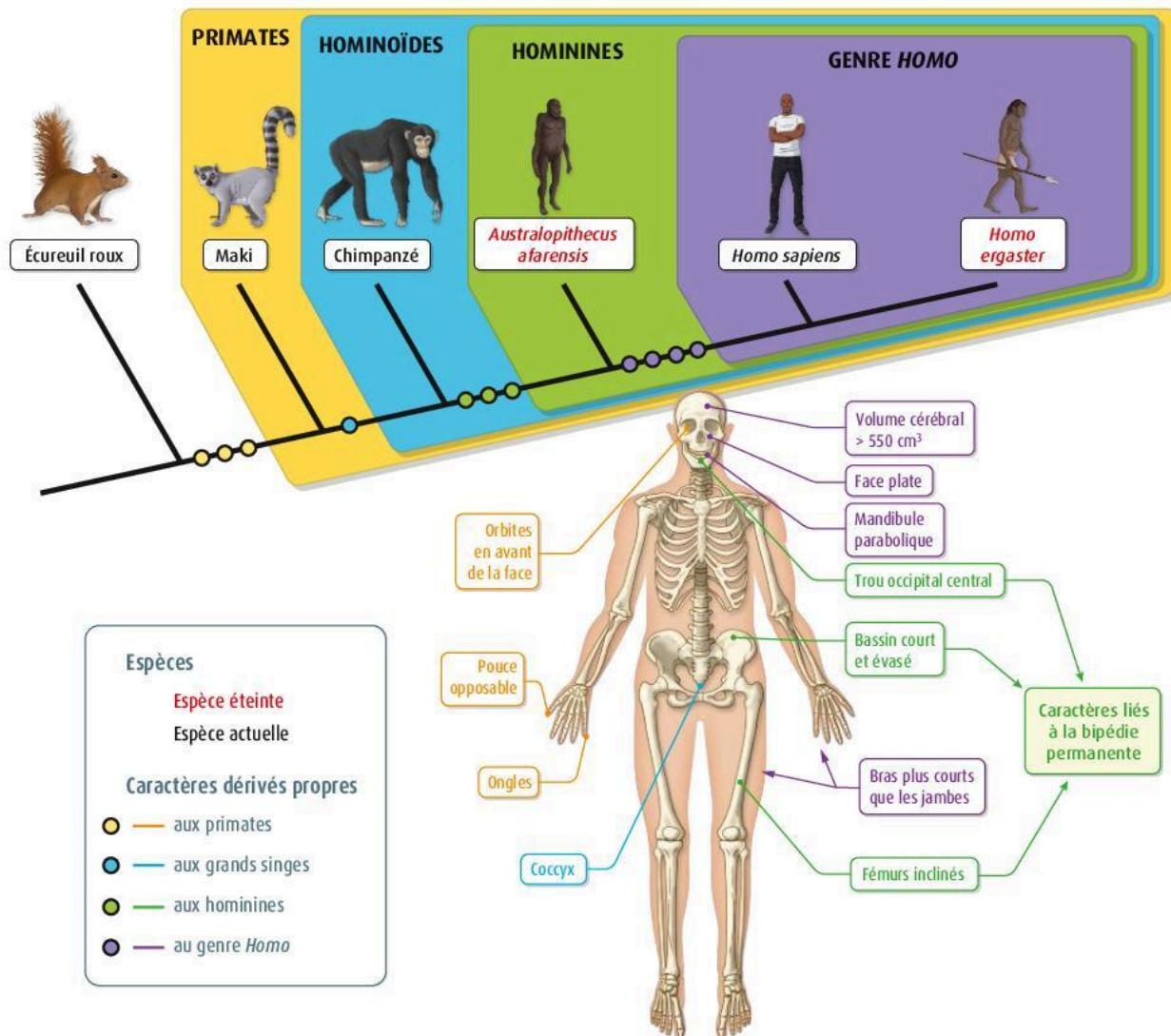
► Les populations humaines actuelles sont extrêmement proches d'un point de vue génétique, mais présentent une très grande diversité de cultures. La langue, l'utilisation d'outils et les habitudes alimentaires sont des **traits culturels**, acquis par l'apprentissage. Les habitudes alimentaires diversifient même les êtres humains jusqu'à leur microbiote, qui dépend notamment de l'alimentation. > **Unité 4**

Les mots-clés du chapitre

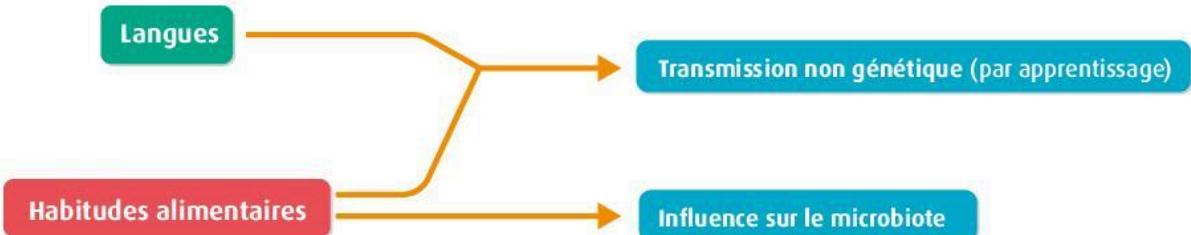
- **Arbre phylogénétique :** Schéma sous forme d'arbre qui représente les relations de parenté entre des groupes d'êtres vivants.
- **Phylogénie :** Science qui étudie les relations de parenté entre des espèces fossiles et actuelles.
- **Paléoanthropologie :** Science qui étudie l'histoire de l'évolution humaine à partir d'archives fossiles.
- **Trait culturel :** Chez les êtres vivants, caractère transmis de manière non génétique, par apprentissage. Chez les humains, la grande diversité de traits culturels est à la base de la grande diversité de cultures.

Ne pas confondre

- Le groupe des hominines est aussi appelé lignée humaine. Cela ne veut pas dire que l'évolution humaine s'est produite de façon linéaire. Différentes espèces de la lignée humaine ont évolué conjointement : c'est une lignée buissonnante (**DOC. 2** p. 244).

l'essentiel par l'image**Schéma interactif** **Une mosaïque de caractères chez *Homo sapiens***

- Espèces**
- Espèce éteinte
 - Espèce actuelle
- Caractères dérivés propres**
- aux primates
 - aux grands singes
 - aux hominines
 - au genre *Homo*

Une diversité de traits culturels

Mémoriser son cours

Exercices corrigés



Pour mémoriser l'essentiel du cours, posez-vous régulièrement ces questions et vérifiez vos réponses.

1. Quels caractères morpho-anatomiques sont exclusifs aux primates ?
2. Quel caractère morpho-anatomique est exclusif aux grands singes ?
3. De quelle espèce actuelle l'être humain est-il le plus proche parent ?
4. Quels caractères morpho-anatomiques sont exclusifs aux espèces de la lignée humaine (= hominines) ?
5. Que peut-on dire de la capacité crânienne dans le genre *Homo* ?
6. Pouvez-vous indiquer deux caractères qui sont transmis de façon non génétique ?

Exercices interactifs corrigés



Pour s'échauffer

1 QCM

Pour chaque proposition, identifiez la (ou les) bonne(s) réponse(s).

1. Plus 2 espèces partagent de caractères résultant d'innovations évolutives :
 - plus elles sont proches parentes.
 - plus leur degré de parenté est grand.
 - tout dépend des caractères.
2. D'après le DOC. 1, l'être humain est plus proche parent :

	Bonobo	Chimpanzé commun	Homme	Gorille	Macaque
Bonobo	0	0,881	2,64	3,08	11,9
Chimpanzé commun		0	2,64	3,08	11,9
Homme			0	3,08	11,9
Gorille				0	12,3
Macaque					0

DOC 1 Pourcentage de différence dans la séquence de la protéine COX2 chez cinq grands singes.

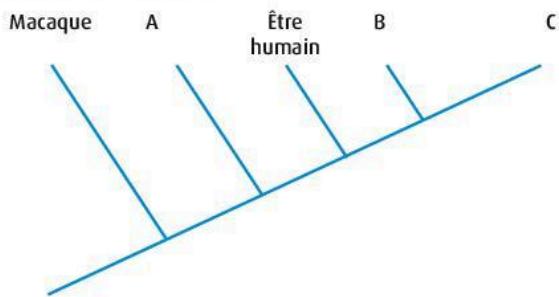
Le gène cox2 est impliqué dans l'immunité chez les vertébrés. Les séquences de ce gène sont comparées afin d'estimer les ressemblances génétiques entre les espèces et d'en déduire leur degré de parenté.

- du chimpanzé commun que du bonobo.
- du gorille que du macaque.
- du bonobo que du gorille.

3. D'après le DOC. 1, les deux espèces les plus proches parentes sont :

- le chimpanzé commun et l'être humain.
- l'être humain et le gorille.
- le bonobo et le chimpanzé commun.

4. À partir des données du DOC. 1, les liens de parenté entre les espèces ont été représentés sous forme d'un arbre de parenté (DOC. 2).



DOC 2 Arbre de parenté de cinq primates.

Les espèces correspondant aux lettres sont :

- A = gorille, B = chimpanzé commun ou bonobo, C = chimpanzé commun ou bonobo.
- A = gorille, B = chimpanzé commun forcément, C = bonobo forcément.
- A = chimpanzé commun ou bonobo, B = chimpanzé commun ou bonobo, C = gorille.

5. Plus 2 espèces sont proches parentes :

- plus leurs derniers ancêtres communs sont lointains dans le passé.
- plus leurs derniers ancêtres communs sont récents.
- moins elles ont d'ancêtres en commun.

6. D'après les données du DOC. 1, le chimpanzé commun partage l'ancêtre commun le plus récent avec :

- l'être humain.
- le gorille.
- le bonobo.

► CORRECTION p. 322

2 Vrai/Faux

Identifiez les bonnes réponses et corrigez les fausses.

1. Plusieurs espèces humaines ont coexisté sur Terre.
2. La langue chez l'espèce humaine est transmise de façon génétique.
3. Le microbiote est transmis de façon non génétique et l'alimentation peut influencer sa composition.
4. Les primates sont des grands singes.
5. La lignée humaine appartient au groupe des grands singes.
6. Les êtres humains actuels sont des primates mais pas des grands singes.
7. Les espèces du genre *Homo* sont des êtres humains.

3 Rédiger une phrase

Rédigez une phrase avec les mots suivants.

1. *Homo sapiens*, primate, grands singes.
2. Trou occipital central, fémurs inclinés, bipédie prolongée, bassin court et évasé.
3. Ancêtres communs, chimpanzé commun, être humain, récents, espèces actuelles.
4. Caractères communs, récent, degré de parenté, derniers ancêtres communs.
5. Matrice, arbre phylogénétique, caractères morpho-anatomiques, liens de parenté.

4 Retrouver la question

Retrouvez la question d'après leurs réponses ci-dessous.

1. Présence d'une mandibule parabolique, d'un volume cérébral > 550 cm³ et d'une face plate.
2. Présence d'un pouce opposable, d'ongles et d'orbites en avant de la face.
3. Présence d'un coccyx.

5 Découverte d'une nouvelle espèce en 2015

En 2015, 1550 os appartenant à au moins quinze individus, parmi lesquels des nouveau-nés, de jeunes adultes et des personnes plus âgées ont été découverts dans une grotte près de Johannesburg, en Afrique du Sud. Ils appartiennent à une nouvelle espèce d'hominines. Une des mandibules trouvées est dessinée dans le **DOC. 1**.



DOC 1 Une mandibule découverte dans une grotte près de Johannesburg.

Question : Indiquez les informations qu'apportent cette mandibule.

6 Qui suis-je ?

1. Une représentation des liens de parenté entre les êtres vivants.
2. Un critère sur lequel s'appuient les scientifiques pour établir les liens de parenté entre les espèces.
3. Je suis placé aux nœuds d'un arbre phylogénétique.
4. Une représentation comparant les caractères morpho-anatomiques de plusieurs espèces.

7 *Paranthropus boisei*

Paranthropus boisei est un grand singe ayant vécu en Afrique orientale entre -2,4 Ma et -1,2 Ma.

Question : Indiquez les indices qu'apporte le crâne de *Paranthropus boisei*.



DOC 1 Crâne de *Paranthropus boisei*.

8 Ressemblance génétique et degré de parenté

Des comparaisons génétiques de l'ADN mitochondrial (ADN présent dans la mitochondrie, organite des cellules eucaryotes) de 54 humains, 54 chimpanzés communs, 6 néandertaliens et 1 dénisovien (âgé de 40 000 ans) ont été effectuées. Les résultats figurent dans le **DOC. 1**.

Question : D'après le **DOC. 1**, représentez les liens de parenté probable entre les 4 espèces, sous forme d'un arbre de parenté.

	Nombre moyen de nucléotides différents
Entre 54 être humains actuels	59,7
Entre 54 êtres humains actuels et 6 néandertaliens	201,6
Entre 54 êtres humains actuels et 1 dénisovien	384,9
Entre 54 êtres humains actuels et 54 chimpanzés actuels (commun et Bonobo)	1461,5

DOC 1 Nombre moyen de nucléotides différents dans l'ADN mitochondrial de 4 espèces.

9 Exploiter des documents

La parenté entre quelques espèces

Les caractères morpho-anatomiques résultant d'innovations évolutives de cinq espèces ont été regroupés dans une matrice (DOC. 1).

		Pouce opposable	Ongles	Nez	Orbites sans fenêtre en arrière du crâne	Narines rapprochées
	Macaque japonais	+	+	+	+	+
	Saki à face blanche	+	+	+	+	-
	Tarsier des Philippines	+	+	+	-	-
	Maki catta	+	+	-	-	-
	Toupaïe	-	-	-	-	-

QUESTION

Déterminez les liens de parenté les plus probables entre ces espèces. Représentez-les sous forme d'un arbre phylogénétique en y plaçant les caractères utilisés dans le DOC. 1.

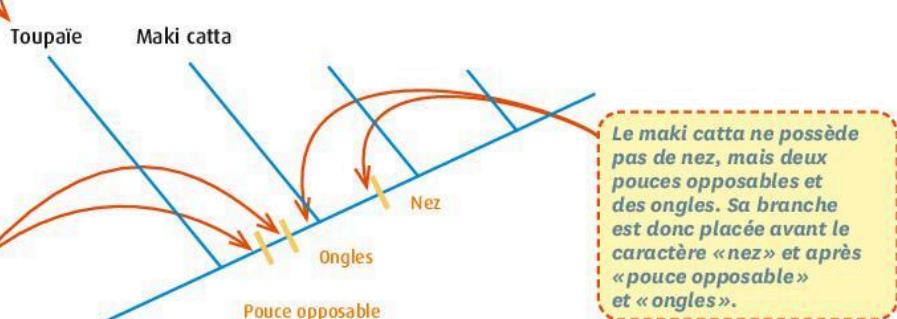
+ : présence du caractère - : absence du caractère

DOC1 Matrice de caractères à partir des espèces: macaque japonais, saki à face blanche, tarsier des Philippines, maki catta et toupaïe.

RÉSOLUTION

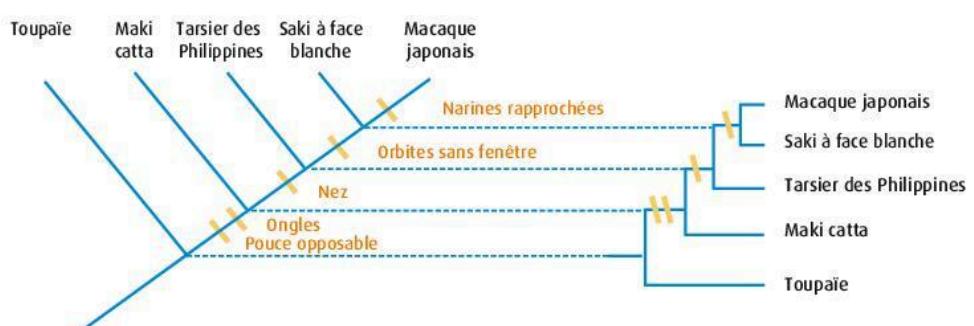
Le toupaïe n'a aucun des caractères cités. On le place donc sur la 1^{re} branche, sans placer de caractère en amont de sa branche.

Le pouce opposable et les ongles sont les caractères les plus partagés. L'hypothèse la plus parcimonieuse est que ces caractères ne sont apparus qu'une seule fois au cours de l'évolution. On les place sur la branche principale en amont des branches menant aux 4 espèces qui en ont hérités.



Le maki catta ne possède pas de nez, mais deux pouces opposables et des ongles. Sa branche est donc placée avant le caractère «nez» et après «pouce opposable» et «ongles».

En réitérant cette opération, on construit l'arbre avec toutes les espèces et les caractères cités. Cet arbre peut prendre différentes formes, qui sont équivalentes.



Exercices d'application

Méthode

10 Exploiter des documents

Parenté de quelques primates

Le **DOC. 1** présente les caractères morpho-anatomiques présents chez quelques primates actuels.

QUESTION

Représentez leurs liens de parenté en complétant l'arbre phylogénétique ci-dessous.

	Orbites en avant de la tête	Rapport des longueurs humérus/fémur réduit	Fusion de 2 os du poignet	Coccyx	Narines rapprochées	Mandibule parabolique
Être humain actuel	+	-	+	+	+	+
Tarsier de Sulawesi	+	-	-	-	-	-
Bonobo	+	+	+	+	+	-
Singe argenté	+	-	-	-	+	-
Orang-outan	+	-	-	+	+	-

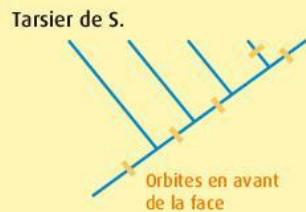
DOC 1 Matrice de caractères de quelques primates.

+ : présence du caractère

- : absence du caractère

AIDE

1. Ordonnez les caractères des plus partagés au moins partagés.
2. Notez chez quelles espèces ces caractères sont présents.
3. Placez ces caractères de gauche à droite, des plus partagés aux moins partagés.
4. Indiquez les espèces au bout des branches, d'après les caractères qu'elles possèdent et que vous avez placés sur l'arbre.



11 Exploiter des documents

Une parenté entre être humain et espèces fossiles

Le **DOC. 1** présente les caractères morpho-anatomiques de primates, actuels ou fossiles.

QUESTIONS

1. Déterminez les liens de parenté le plus vraisemblables, entre ces espèces, et représentez-les sous forme d'un arbre phylogénétique. Placez sur l'arbre les caractères partagés.
2. Formulez une hypothèse sur la présence de pouces opposables et d'un coccyx chez *Paranthropus bosei*.

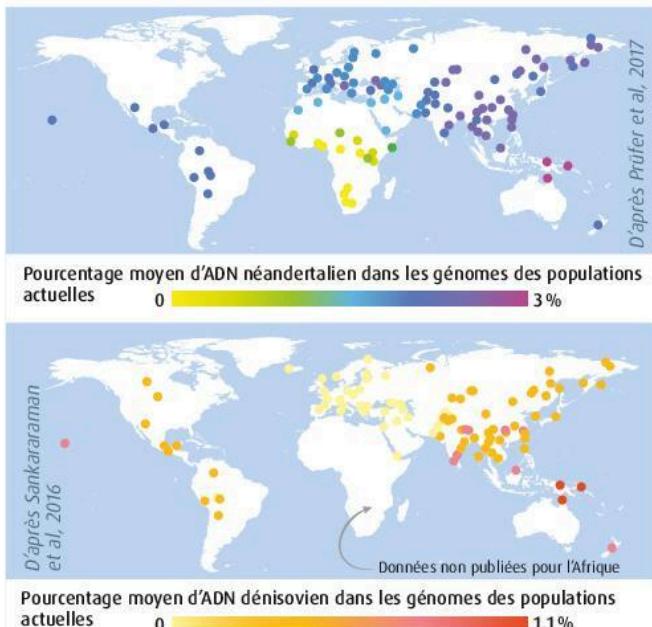
	Pouce opposable	Face plate	Coccyx	Volume cérébral > 550 cm ³	Trou occipital central
Être humain actuel	+	+	+	+	+
<i>Paranthropus bosei</i> (espèce éteinte)	Non retrouvé	-	Non retrouvé	-	+
Chimpanzé commun	+	-	+	-	-
Homme de néandertal (espèce éteinte)	+	+	+	+	+
Saki à face blanche	+	-	-	-	-

Tester ses compétences

12 Exploiter des documents, formuler des hypothèses

Néandertal et Denisova dans notre ADN?

L'analyse génétique d'ossements de Néandertaliens et de Denisoviens permet d'identifier des séquences génétiques qui leurs sont propres. Celles-ci ont été recherchées dans le génome de populations humaines actuelles.



DOC1 Pourcentage d'ADN néandertalien et dénisovien dans les populations humaines actuelles.

QUESTIONS

1. Décrivez la localisation spatiale des populations actuelles qui possèdent de l'ADN néandertalien ou de l'ADN dénisovien.
2. Expliquez en quoi ces données sont une preuve de la coexistence de l'espèce *Homo sapiens* avec les Néandertaliens et les Denisoviens.
3. Expliquez quelle question sur la définition biologique d'une espèce ces données soulèvent.
4. Les scientifiques s'accordent à penser que Néandertal et Denisova sont apparus en-dehors de l'Afrique. Pourtant, quelques populations actuelles africaines ont dans leur génome un très faible pourcentage de leur ADN. Proposez deux hypothèses expliquant cette observation.

AIDE

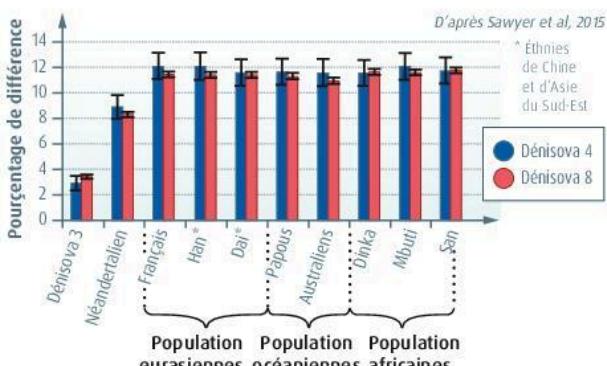
- Regroupez vos observations par continent.
- Revoyez la définition biologique d'une espèce p. 240.
 - La présence d'ADN de Néandertaliens et de Denisoviens dans des populations africaines actuelles n'est pas nécessairement liée à leur présence sur le continent.

13 Exploiter des documents, rédiger une argumentation scientifique

Les Denisoviens

En 2008, au cours de fouilles dans la grotte de Denisova au Sud de la Sibérie, des chercheurs découvrent une phalange.

Ils l'attribuent à un Néandertalien, notamment en raison de la découverte d'os néandertaliens à 150 km de la grotte. D'autres fragments d'os et de dents sont découverts quelques années plus tard. En effectuant des comparaisons génétiques, les chercheurs décident d'attribuer trois de ces fossiles à une nouvelle espèce, celle de Denisoviens. Les fossiles sont nommés Denisova 3, 4 et 8.



DOC1 Comparaison de l'ADN de Denisova 4 et 8 avec celui de Denisova 3, Néandertal et des humains actuels. L'ADN de Néandertal est issu de la phalange trouvée quelques années plus tôt dans la grotte.

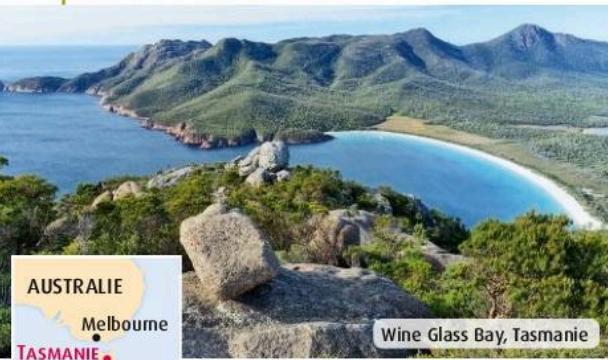
QUESTION

À l'aide du **DOC. 1**, exposez les arguments scientifiques qui justifient la décision des chercheurs.

AIDE

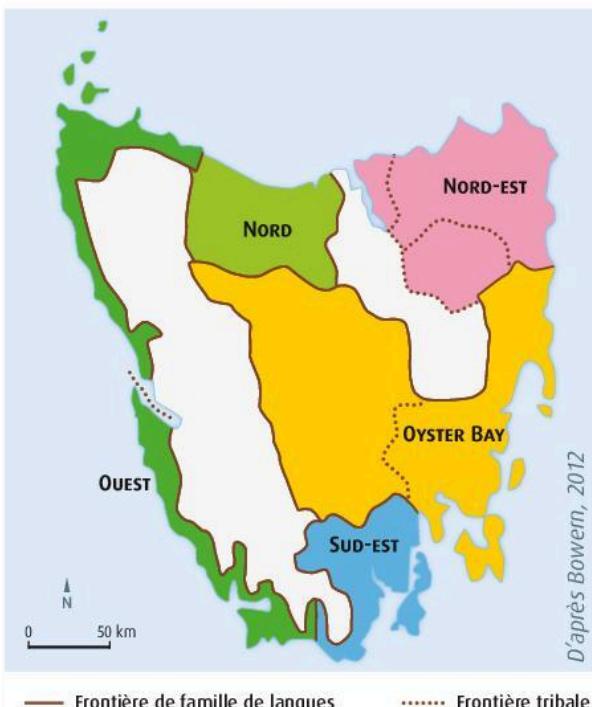
- Les résultats des comparaisons pour Denisova 4 et 8 sont-ils différents ?
- De quel individu les ADNs de Denisova 4 et 8 sont-ils le plus proches ?

14 Exploiter des documents, rédiger une argumentation scientifique



- Les langues varient. C'est une évidence que l'on peut constater dans la vie courante. Au fil du temps, de nouveaux mots apparaissent, d'autres disparaissent. La langue se diversifie en fonction de la localisation géographique, des classes sociales ou des classes d'âge.
- Les langues se transmettent de génération en génération. Chaque enfant apprend à parler la langue de ses parents.
- Les langues se différencient géographiquement. Si, en raison de la distance, ou d'obstacles, les humains échangent moins entre eux, et que ceci dure sur plusieurs générations, leurs langues divergent.

DOC 1 Quelques généralités en linguistique.



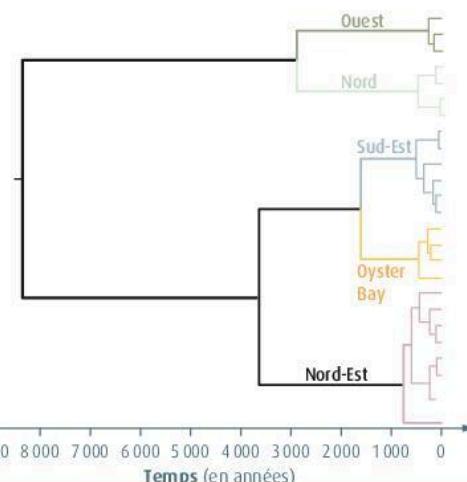
DOC 3 Répartition des frontières tribales historiques et des groupes de langue en Tasmanie. L'île de Tasmanie et les frontières historiques des tribus aborigènes telles que l'ethnographie* a permis de les reconstituer.

*l'ethnographie est la science qui s'intéresse à l'étude des modes de vie de différents peuples.

L'origine des langues anciennes de Tasmanie

À la fin du XVIII^e siècle, il était devenu évident que les langues se transmettaient de génération en génération. L'idée d'une généalogie des langues est apparue avant même qu'on ait eu l'idée d'une généalogie des espèces.

Claire Bowern, professeure de linguistique à Yale, travaille à partir de descriptions du XIX^e siècle de diverses listes de mots (appelées « vocabulaires ») collectées entre 1777 et 1847 chez les aborigènes tasmaniens, en différents endroits de la Tasmanie. Ces 26 vocabulaires sont comparés entre eux selon 2 777 caractères. L'auteure en a construit une phylogénie ci-dessous. Par ailleurs, elle postule que les vocabulaires qui ont 85 % de mots communs correspondent à une seule langue. Elle pense ainsi qu'il a dû exister chez ces aborigènes, aujourd'hui disparus, au moins 12 langues, que la phylogénie distribue en cinq grands groupes (apparaissant en 5 couleurs sur la figure ci-dessous et sur la carte du **DOC. 3**).



D'après Bowern, 2012

DOC 2 Résultat de la recherche sur les langues anciennes de Tasmanie.

QUESTIONS

1. À partir des trois propriétés des langues énoncées en **DOC 1**, faites le parallèle avec les populations naturelles qui constituent les espèces. Quels concepts permettent de justifier le fait qu'on puisse construire une phylogénie des langues ?
2. À partir des **DOCS 2 et 3**, énoncez quels arguments expliquent que les cinq groupes de vocabulaire correspondent aux zones géographiques occupées par les tribus. Selon vous, les aborigènes tasmaniens circulaient-ils facilement à travers toute la Tasmanie ?

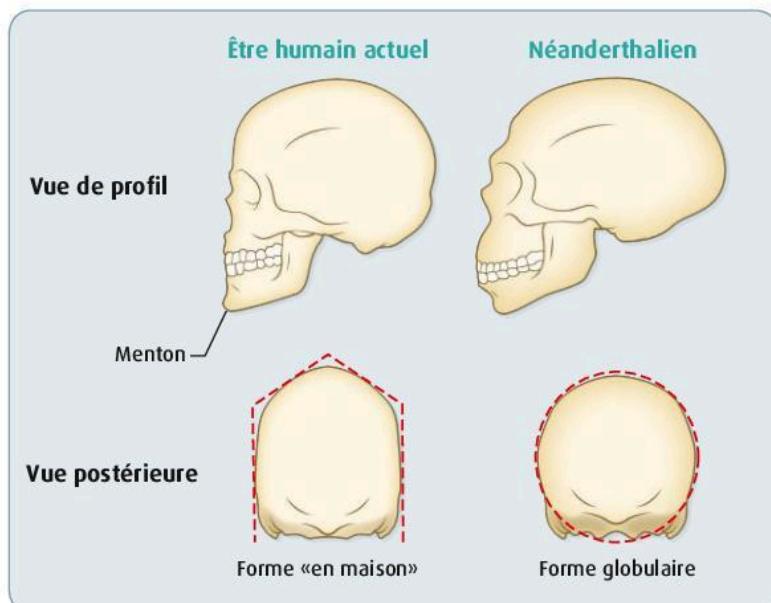
15 Exploiter des documents, produire un arbre phylogénétique

Liens de parenté entre espèces

L'étude des caractères morpho-anatomiques résultant d'innovations évolutives permet d'établir des liens de parenté entre les espèces, que l'on peut représenter sous forme d'arbre phylogénétique.

	Blaireau européen	Macaque japonais	Bonobo	Néandertalien (espèce éteinte)	<i>Australopithecus afarensis</i> (espèce éteinte)	Saki à face blanche	Être humain actuel
Coccyx	-	-	+	+	+	-	+
Mandibule parabolique	-	-	-	+	-	-	+
Pouce opposable	-	+	+	+	+	+	+
32 dents au lieu de 36 (par perte de 4 prémolaires)	-	+	+	+	+	-	+
Yeux en avant de la face	-	+	+	+	+	+	+
Ongles	-	+	+	+	+	+	+
Position centrale du trou occipital	-	-	-	+	+	-	+
Bassin court et évasé	-	-	-	+	+	-	+
Fémurs inclinés	-	-	-	+	+	-	+

DOC 1 Matrice de caractères résultant d'innovations évolutives de quelques espèces. + : présence du caractère, - : absence du caractère.



DOC 2 Crânes d'un être humain actuel et d'un Néandertalien.

La forme dite «en maison» du crâne et le menton sont des innovations évolutives qui ne sont apparues qu'une seule fois au cours de l'évolution.

QUESTIONS

- À partir des **docs 1 et 2**, identifiez et représentez sous forme d'un arbre phylogénétique les liens de parenté entre les espèces citées. Vous placerez dans votre arbre les caractères cités dans les documents.
- À partir des documents et de vos connaissances, indiquez sur l'arbre les espèces du **doc. 1** appartenant au groupe des primates, des grands singes, à celui de la lignée humaine, et au genre *Homo*.

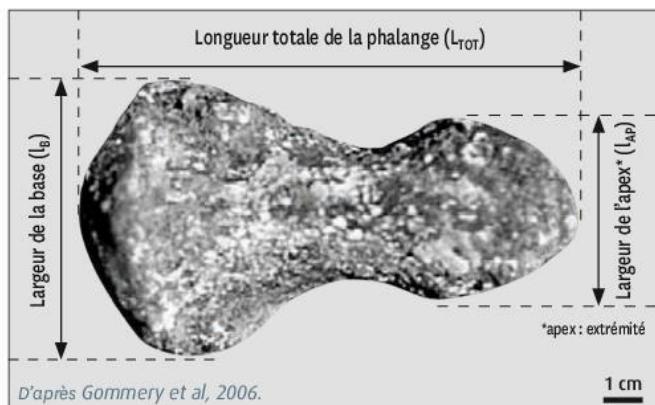
16 Effectuer des calculs, rédiger une argumentation scientifique

La découverte d'*Orrorin tugenensis*

En 2000, treize ossements correspondant au moins à cinq individus distincts, sont mis au jour dans les collines Tugen du rift* kényan. Leur analyse révèle qu'il s'agit d'une nouvelle espèce, que les chercheurs nomment *Orrorin tugenensis*.

Orrorin signifie «l'homme des origines», en langue locale. Ces ossements ont été datés à environ -6 Ma.

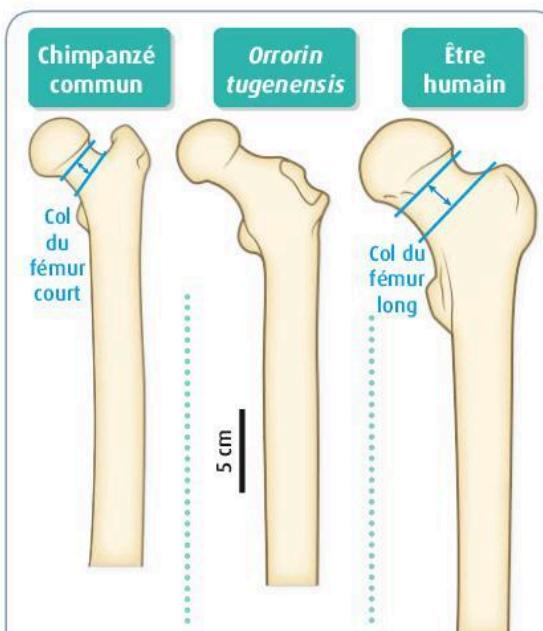
*rift : fossé d'effondrement dû à l'action de forces tectoniques divergentes.



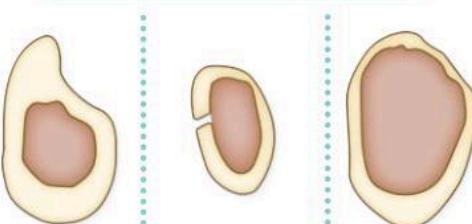
DOC 1 Phalange de pouce de *Orrorin tugenensis*.

	Être humain	Chimpanzé commun	Orang-Outan de Bornéo
$\frac{l_{AP}}{l_B} \times 100$	69	62	53
$\frac{l_{AP}}{L_{TOT}} \times 100$	42	22,6	35,6

DOC 2 Rapports de données mesurées sur la phalange de pouce de trois primates actuels.



Coupe transversale à travers le col du fémur



Le rapport entre l'épaisseur de la paroi osseuse supérieure du col du fémur et l'épaisseur de la paroi osseuse inférieure donne une indication sur le mode de locomotion de l'animal. En effet, un appui répété sur les membres inférieurs, causé par une bipédie prolongée, est associé à une paroi osseuse supérieure plus fine que la paroi inférieure.

DOC 3 Cols du fémur chez trois primates.

QUESTION

À l'aide des documents, justifiez l'assignation de ces ossements à la lignée humaine (hominines).