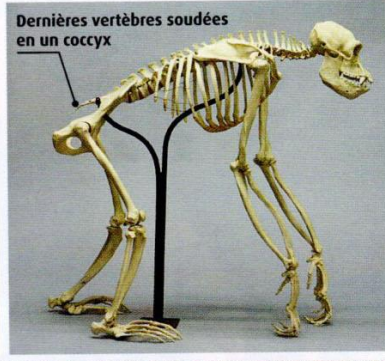
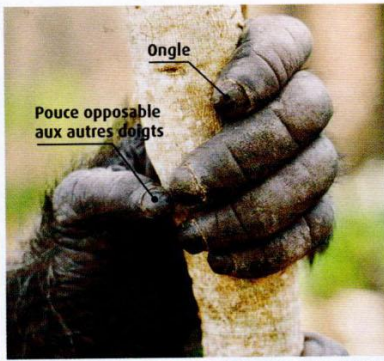
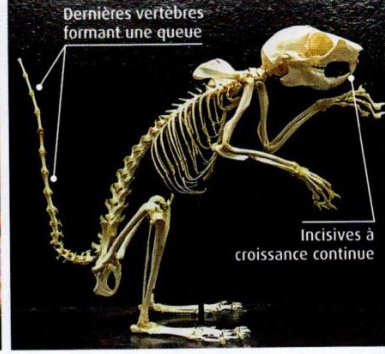
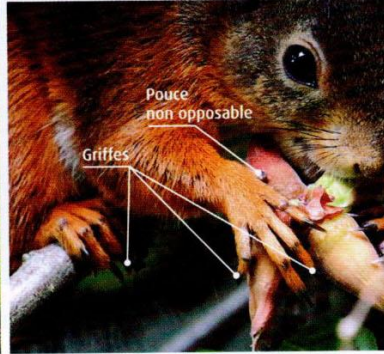


Chimpanzé commun



Écureuil roux



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.



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.

Caractères morpho-anatomiques et arbre phylogénétique

L'étude des caractères morpho-anatomiques des êtres vivants permet d'établir des liens de parenté. Les scientifiques recherchent l'état ancestral et dérivés des caractères, le second étant une innovation évolutive, dérivant de la transformation du premier.

- Q1: précisez les caractères morpho-anatomiques communs aux mammifères, aux primates.
- Q2: construisez l'arbre phylogénétique des espèces suivantes: écureuil, maki, gibbon, orang-outan, gorille et chimpanzé en situant les caractères dérivés,

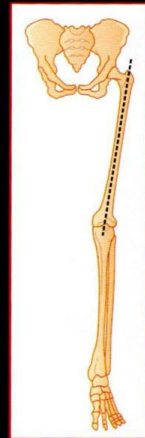
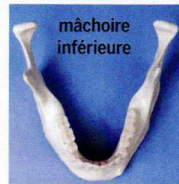
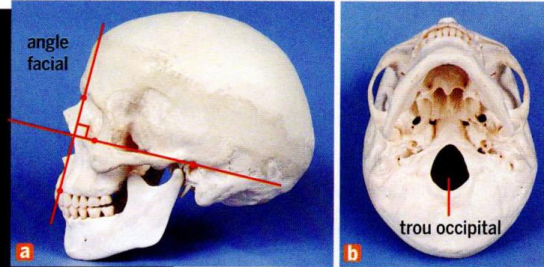
	Écureuil roux (rongeur)	Maki catta	Être humain	Gibbon agile	Orang-Outan de Bornéo	Saki à face blanche	Gorille de l'Ouest	Chimpanzé commun
Orientation des orbites	Non orientées vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant	Vers l'avant
Pouce	Non opposable	Opposable	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
Plissements du cortex cérébral	Non accrus	Non accrus	Accrus	Non accrus	Accrus	Non accrus	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.

Les caractères dérivés propres aux humains

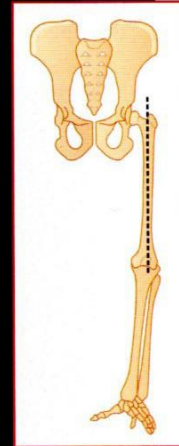
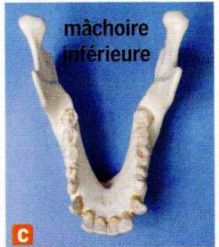
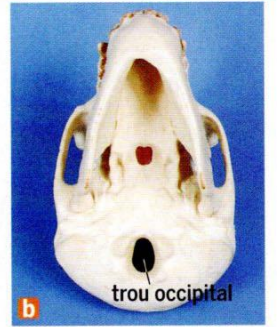
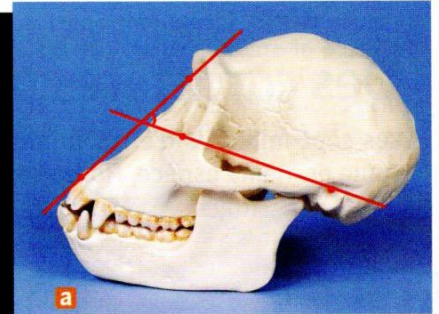
Q: quels sont les caractères propres à l'homme ?

A Les caractéristiques d'*Homo sapiens*



- **Taille moyenne :**
 - homme : 175 cm
 - femme : 162 cm
- **Poids moyen :** 60 à 80 kg
- **Volume de l'encéphale :** 1400 cm³
- **Angle facial :** presque droit
- **Trou occipital :** centré et horizontal
Le crâne est donc en équilibre au sommet de la colonne vertébrale.
- **Denture :** 32 dents
- **Colonne vertébrale :** quatre courbures.
- **Jambes :** plus longues que les bras.
- **Bassin :** court et large.
- **Fémurs :** convergents vers les genoux. Ces caractéristiques permettent l'insertion des muscles fessiers assurant un bon équilibre en station debout, facilitant la marche et la course.
- **Pied :** orteils courts, pouce non opposable.

B Les caractéristiques du Chimpanzé



- **Taille moyenne :**
 - mâle : 100 cm (160 cm debout)
 - femelle : 70 cm
- **Poids moyen :** 35 à 60 kg
- **Volume de l'encéphale :** 400 cm³
- **Angle facial :** aigu
- **Trou occipital :** oblique et situé à l'arrière du crâne
- **Denture :** 32 dents
- **Colonne vertébrale :** une seule courbure.
- **Membres :** membres antérieurs légèrement plus longs que les membres postérieurs.
- **Bassin :** long et étroit.
- **Fémurs :** parallèles entre eux.
- **Pied :** 1^{er} orteil opposable, doigts incurvés.

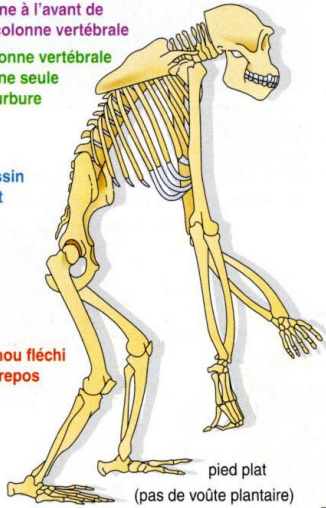
Les caractères dérivés propres aux humains

A Des caractères liés à la bipédie permanente

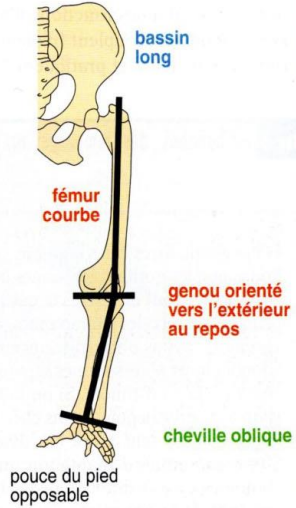
crâne à l'avant de la colonne vertébrale
colonne vertébrale à une seule courbure

bassin plat

genou fléchi au repos



Les chimpanzés pratiquent occasionnellement une bipédie qui se caractérise par une flexion permanente des articulations de la hanche et du genou. Au cours de la marche, ces centres articulaires montent et descendent successivement. De plus, la flexion de la cheville et du genou s'accompagnent d'une rotation vers l'extérieur. Ces caractéristiques anatomiques et fonctionnelles se traduisent par une faible efficacité mécanique : la marche bipède demande aux chimpanzés une importante dépense énergétique.



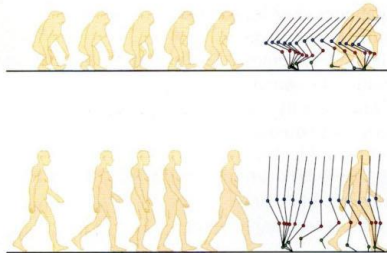
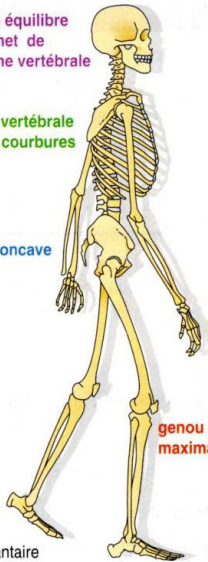
crâne en équilibre au sommet de la colonne vertébrale

colonne vertébrale à quatre courbures

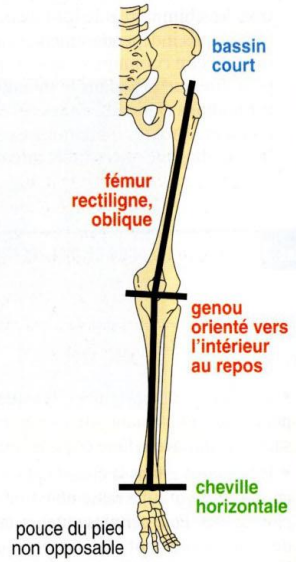
bassin concave

genou en extension maximale au repos

voûte plantaire



L'homme est un bipède exclusif. Le tronc est érigé au dessus des membres postérieurs (devenus inférieurs) en extension complète. Lors de la marche, l'oscillation verticale de la hanche et du genou est très faible. En début et en fin de pas, ces articulations sont en extension complète. La flexion de la cheville et du genou se fait dans le sens du déplacement, sans rotation extérieure. Ces caractéristiques, et d'autres, font que la bipédie humaine est bien plus efficace que celle pratiquée par les autres primates.

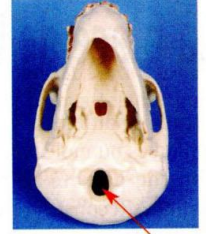
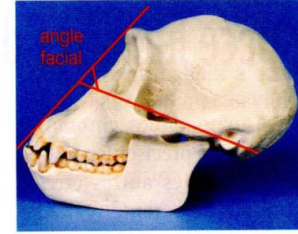
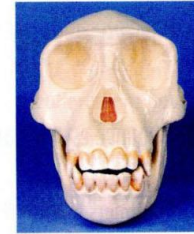


Doc. 1 La locomotion bipède permanente requiert de multiples innovations anatomiques.

B Des caractères liés au développement du cerveau et de la culture

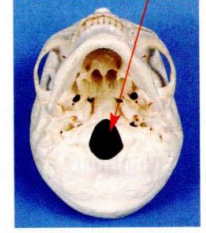
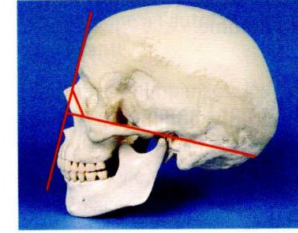
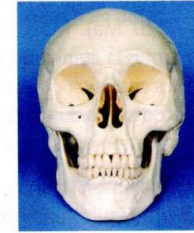
Chimpanzé

- Poids moyen : 45 kg.
- Volume de l'encéphale : 400 cm³.



Homme

- Poids moyen : 65 kg.
- Volume de l'encéphale : 1 400 cm³.



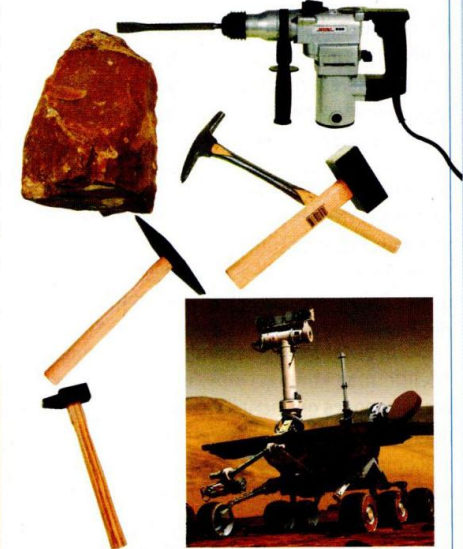
Doc. 2 La boîte crânienne volumineuse est associée à une face réduite et verticale.

Si le chimpanzé et l'homme partagent le « concept » de marteau, les singes en restent, dans le meilleur des cas, à l'utilisation d'une pierre pour fracasser des noix. Au contraire, l'homme ne cesse de perfectionner et diversifier ses inventions : marteaux en tous genres jusqu'à des robots susceptibles d'échantillonner des roches sur une autre planète ! Comme les humains, les chimpanzés savent utiliser des outils et transmettre leurs savoir-faire au sein de leur communauté. Cependant, les cultures humaines se distinguent par d'innombrables objets destinés à satisfaire des besoins très divers, témoignant de leur organisation sociale (parures, vêtement, habitat, etc.) ou de la conscience (statuaire, peintures, sépultures, etc.).

Il est probable que le langage, agissant comme catalyseur de la pensée, ait joué un grand rôle dans cette différence.

« L'homme est le seul être qui se soit répandu sur toute la planète ; le seul qui se souvienne de son grand-père ; le seul qui apprend à apprendre ; le seul qui ait inventé le calcul intégral et rêvé de justice ; le seul qui ait mis sur la Terre des choses qui n'existent qu'à cause de lui, le seul qui sache qu'il doit mourir »

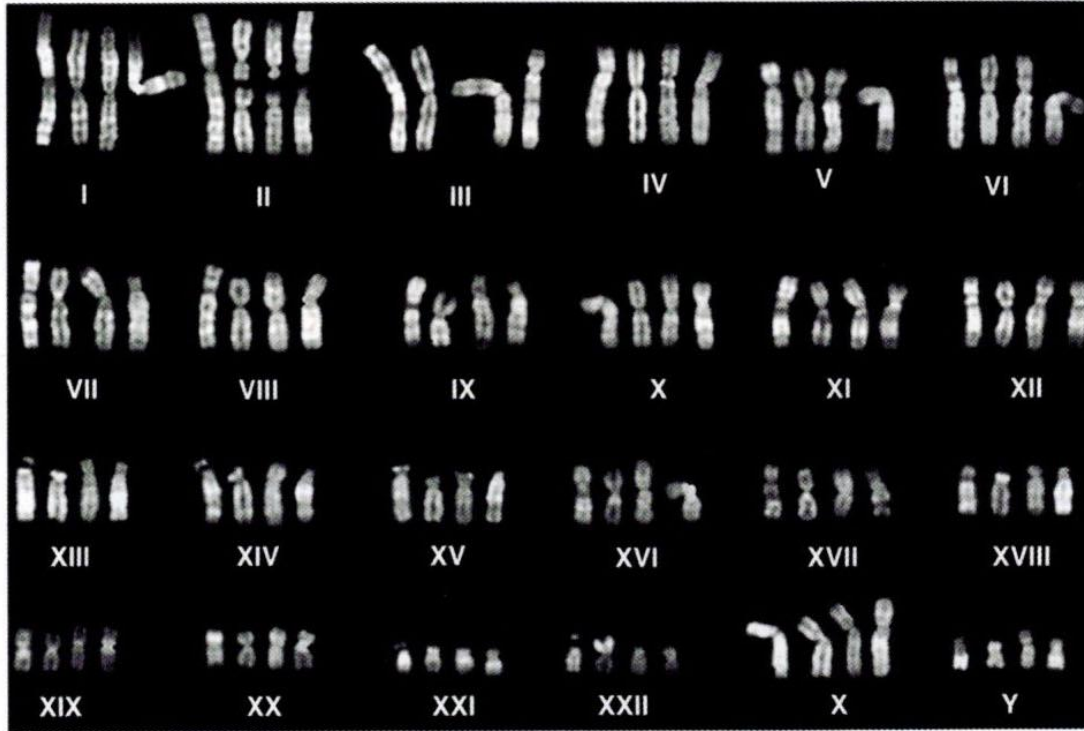
France Quéré, « L'éthique et la vie ».



Doc. 3 Les humains se caractérisent par l'invention d'une profusion d'objets, toujours plus sophistiqués.

Cette photographie est un montage. Pour chaque type chromosomique (repéré par son numéro) on a juxtaposé, de gauche à droite, les chromosomes de quatre espèces :

- homme ;
- chimpanzé ;
- gorille ;
- orang-outan.

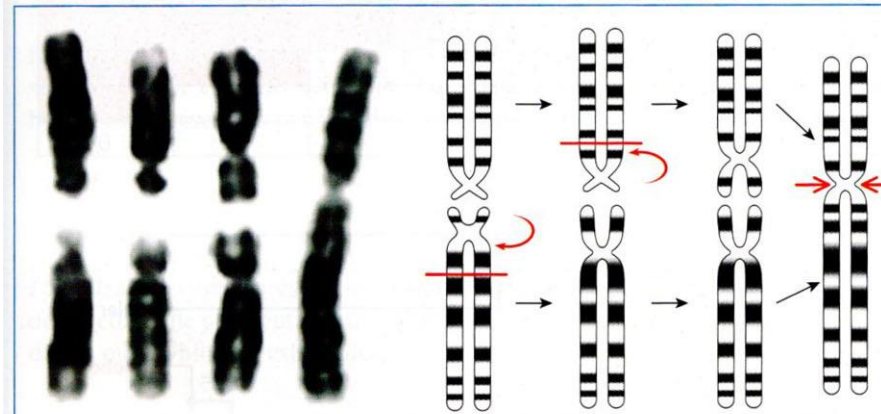


N. B. : les torsions des chromosomes ne sont pas significatives.

Doc. 1 Comparaison du caryotype de quatre espèces d'hominoïdés.

Les données chromosomiques

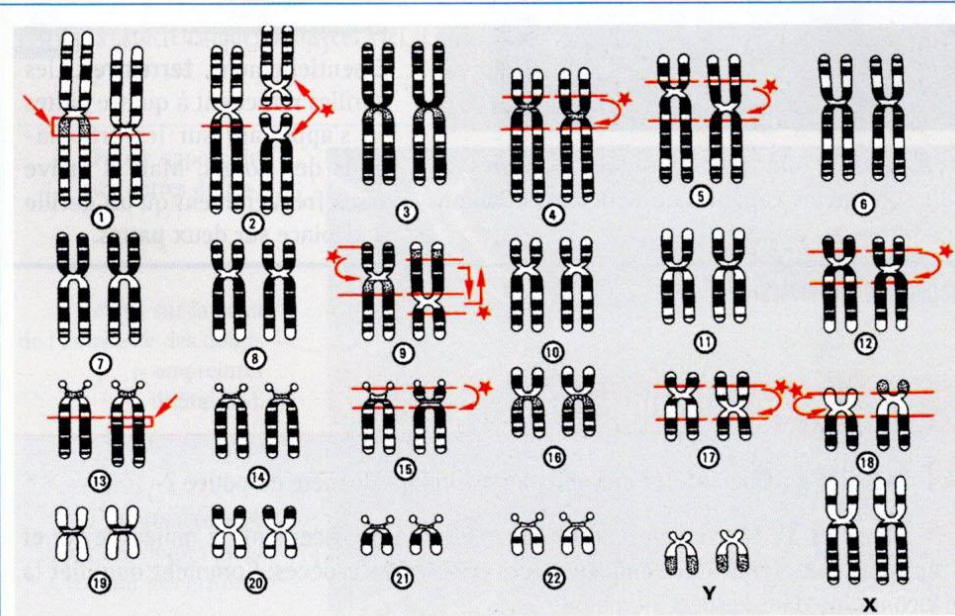
- Q1: que montre la comparaison globale de ces caryotypes ?
 Q2: expliquez l'origine du chromosome 2 humain



La comparaison du chromosome 2 humain avec ses homologues chez le chimpanzé, le gorille et l'orang-outan conduit à reconstituer la succession des remaniements chromosomiques nécessaires pour passer de l'un à l'autre.

Les flèches rouges sur la photo indiquent la position des centromères.

Doc. 4 Reconstitution de l'histoire des réarrangements du chromosome 2.



La coloration des chromosomes révèle des bandes qui montrent que l'on peut passer d'un caryotype à l'autre par un nombre limité d'événements :

- fusion de deux chromosomes ;
- délétion ou insertion d'un fragment de chromosome ;
- inversion d'un morceau de chromosome entre deux points de coupure ;
- translocation d'un morceau de chromosome sur un autre chromosome.

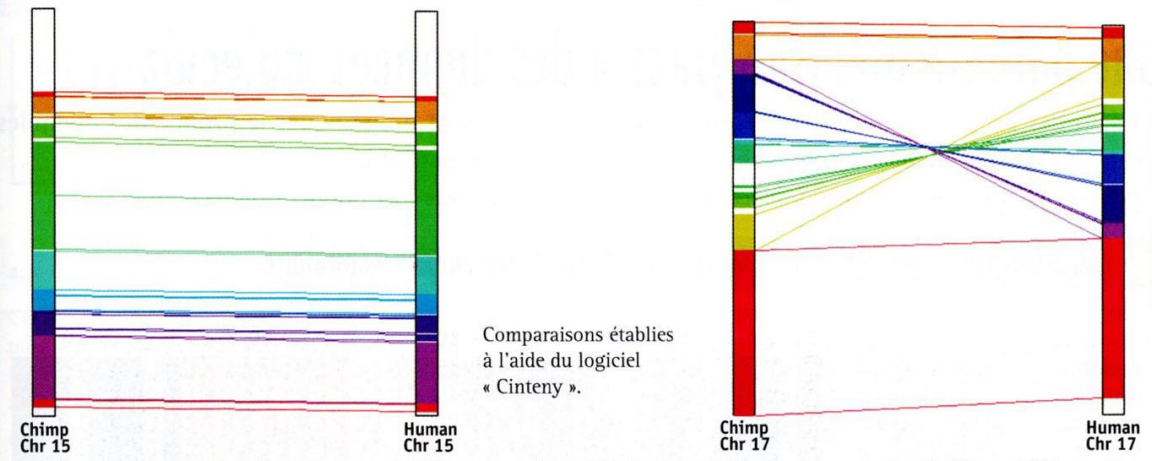
Pour chaque paire : à gauche, chromosome de l'homme, à droite chromosome du chimpanzé.

D'après B. DUTRILLAUX, in « Les hommes, passé, présent, conditionnel », A. Langaney.

Les données chromosomiques

Doc. 2 Une analyse plus précise des correspondances entre les génomes du chimpanzé et de l'homme.

- Q1: précisez pour chaque chromosome s'il y a eu un évènement et lequel
- Q2: comparez les homologies entre les chromosomes 15 et 17
- Q3: que nous apprennent ces données chromosomiques sur les liens de parenté entre ces espèces ?



Comparaisons établies à l'aide du logiciel « Cinteny ».

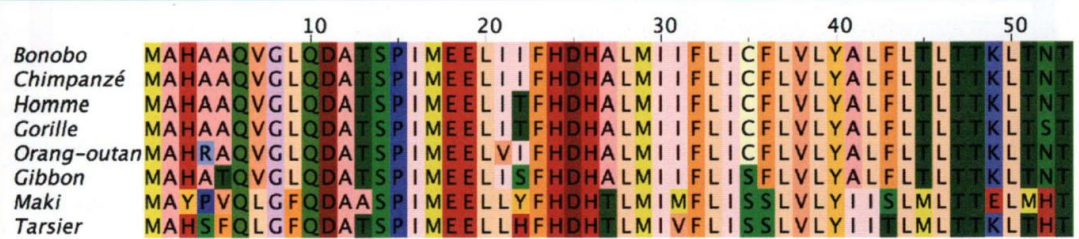
Le **séquençage complet** des génomes de l'homme et du chimpanzé a permis d'établir une comparaison de leurs chromosomes basée sur la localisation de tronçons d'ADN communs. Sur ces diagrammes, chaque couleur représente une zone dans laquelle les gènes se suivent de la même façon pour les deux espèces. Les zones blanches n'ont pas de correspondance dans l'autre chromosome.

De façon globale, le séquençage a révélé que l'information génétique de l'homme et du chimpanzé ne diffèrent que de 1 % au niveau de leurs gènes et de 5 % au niveau de la totalité de leur ADN.

Doc. 3 Une analyse des correspondances entre les séquences génétiques du chimpanzé et de l'homme.

Les données moléculaires

Q: Montrez que les données moléculaires permettent d'affiner les relations de parenté établies précédemment en prenant quelques précautions

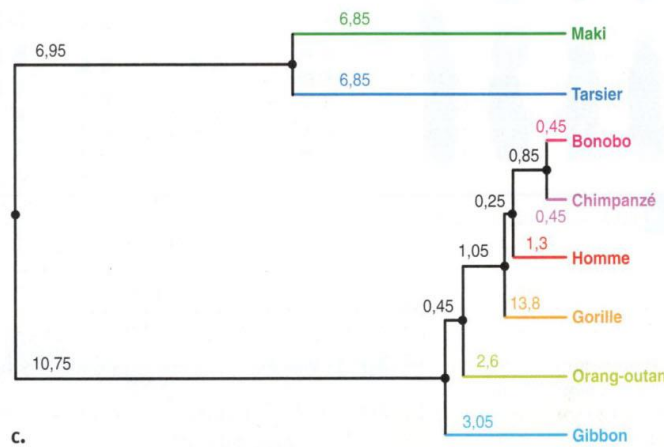


	Bonobo	Chimpanzé	Homme	Gorille	Orang-outan	Gibbon	Maki	Tarsier
Bonobo	0	0,9	2,6	3,1	5,3	6,2	29,5	27,3
Chimpanzé		0	2,6	3,1	5,3	6,2	29,1	26,9
Homme			0	3,1	6,2	5,7	28,6	26,4
Gorille				0	4,0	6,2	28,6	27,3
Orang-outan					0	6,2	28,2	26,9
Gibbon						0	26,9	25,6
Maki							0	13,7
Tarsier								0

La cytochrome oxydase est une enzyme clé de la respiration cellulaire, présente chez tous les eucaryotes. Sa séquence a été déterminée chez de nombreuses espèces.

Les trois documents présentés ici ont été établis à l'aide d'un logiciel :

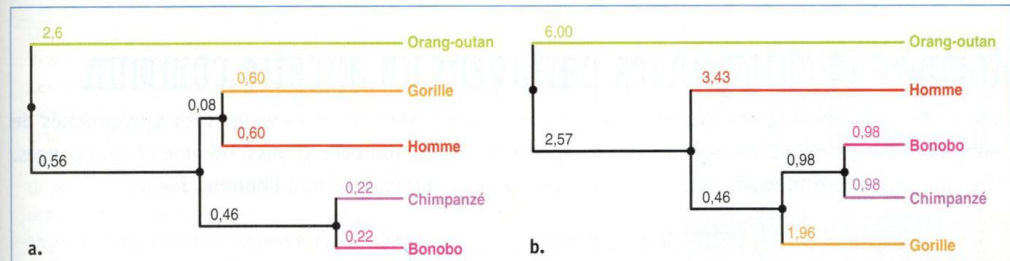
- **L'alignement des séquences (a)** permet de comparer le début de la chaîne des acides aminés de la cytochrome oxydase. Chaque lettre représente un acide aminé. Les teintes de couleur regroupent les acides aminés aux propriétés semblables.
- **La matrice des distances (b)** présente le pourcentage de différences entre les séquences comparées deux à deux.
- **L'arbre phylogénétique (c)** est construit à partir de la matrice des distances. La longueur des branches horizontales est proportionnelle au pourcentage de différences entre les séquences.



Remarques : le maki est un lémurien ; le tarsier est un petit primate arboricole du sud-est asiatique ; le bonobo est une espèce de chimpanzé, différente du chimpanzé commun.

Doc. 1 La comparaison des séquences de la cytochrome oxydase permet de préciser la parenté entre les primates.

B Des études basées sur la comparaison de plusieurs molécules



Ces deux arbres phylogénétiques ont été obtenus en comparant deux autres molécules, respectivement une enzyme (une transférase) et une protéine du noyau des spermatozoïdes (la protamine P2).

Comment expliquer les différences ? Un arbre phylogénétique construit à partir de données moléculaires est basé sur le calcul d'un nombre total de différences entre séquences (matrice des distances). L'arbre ne reflète donc pas un partage de caractères à l'état dérivé comme ceux établis à partir de caractères anatomiques.

Lorsqu'un arbre est basé sur la comparaison de molécules

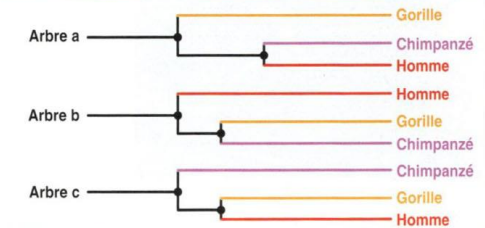
(gènes ou protéines), le résultat obtenu dépend du nombre de mutations prises en compte. Cependant, il faut aussi considérer :

- que le nombre de différences entre espèces très proches est parfois très faible ;
- que deux mutations peuvent s'annuler (ce qui rapproche artificiellement deux espèces plus éloignées) ;
- que des mutations ont pu se produire à des vitesses différentes dans l'histoire de chaque espèce.

Pour établir une relation de parenté entre espèces proches, il faut donc se baser sur de multiples études.

Doc. 2 Les problèmes posés par les parentés basées sur les données moléculaires.

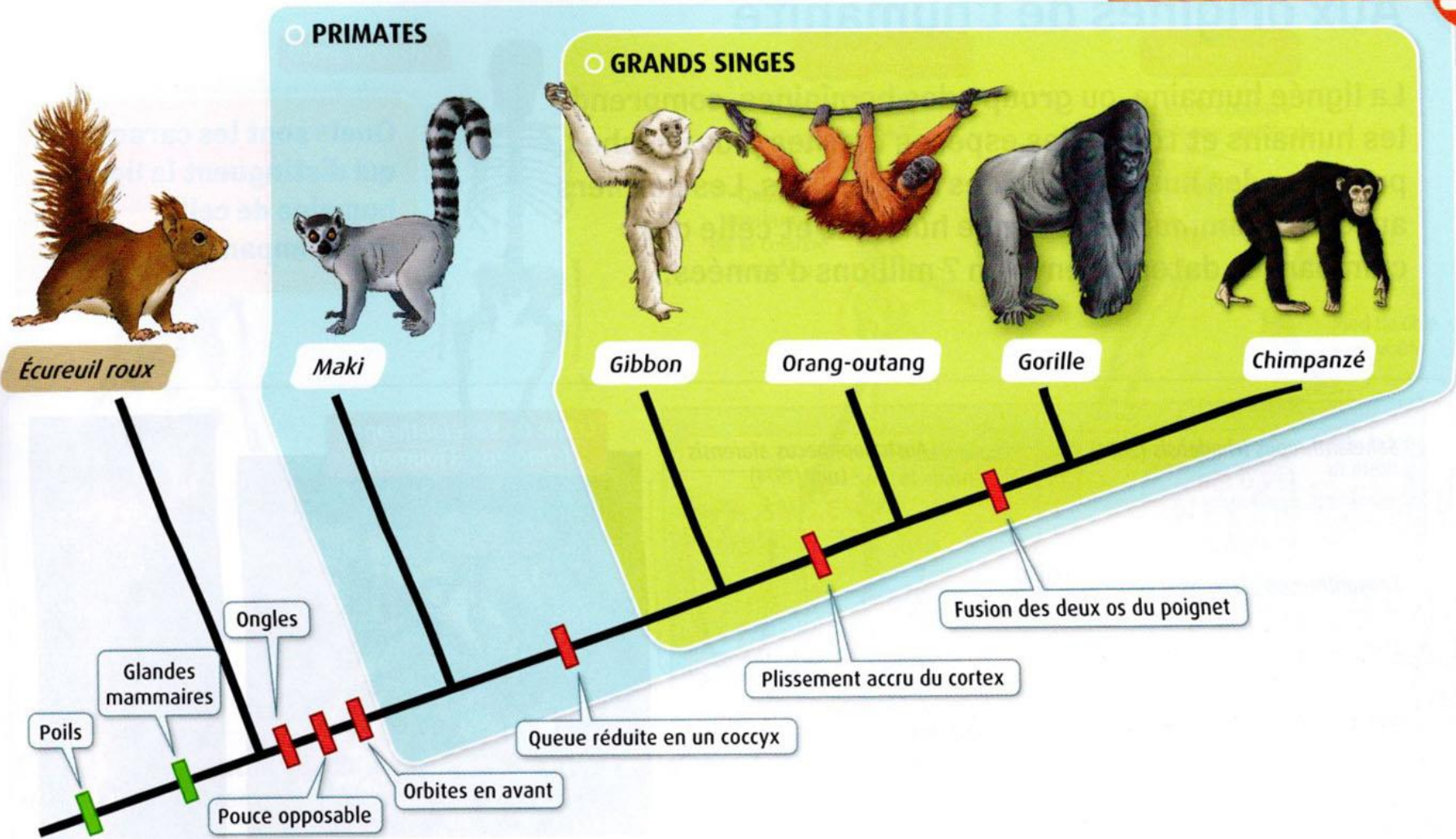
Afin de préciser les relations de parenté entre l'homme, le chimpanzé et le gorille, plusieurs analyses statistiques portant sur de nombreuses séquences ont cherché à valider l'une des trois hypothèses présentées par les arbres ci-contre.



Le tableau ci-contre présente les résultats de trois de ces études (le pourcentage correspond au nombre de cas où l'hypothèse est validée).

	Arbre a	Arbre b	Arbre c
Étude portant sur 58 gènes	59 %	17 %	24 %
Étude portant sur 34 séquences d'ADN (codantes et non codantes)	59 %	20 %	21 %
Étude portant sur 53 séquences d'ADN non codantes	58 %	23 %	19 %

Doc. 3 Une analyse statistique des parentés moléculaires entre espèces proches.



DOC 3 Arbre phylogénétique construit à partir de six des huit espèces du **DOC 2**.