

**Tous parents
tous différents**



Tous parents, tous différents

Une seule espèce et plus de 5,5 milliards d'hommes et de femmes différents.

Les 5,5 milliards d'humains qui peuplent aujourd'hui la terre sont tous très différents les uns des autres. Pourtant, malgré ces différences, il n'existe pas de barrières biologiques entre eux. Tous les hommes et toutes les femmes de la terre pourraient avoir des enfants ensemble, et leurs enfants pourraient, à leur tour, avoir d'autres enfants : nous appartenons tous à la même communauté biologique, celle de l'espèce **humaine**.

Cette exposition vous présente quelques résultats de la recherche scientifique sur la diversité et l'unité de notre espèce. Elle vous propose de découvrir pourquoi et comment nous sommes, à la fois, **tous parents et tous différents**.



Du 18 septembre au 18 octobre 2009, du mardi au dimanche de 10h à 17h, tous les jours de 10h à 17h.
 Billet : 12€ / 6€ (moins de 12 ans) / 3€ (moins de 6 ans)
 Réduction : 50% pour les personnes handicapées (selon législation en vigueur)
 Les 18 et 19 septembre 2009 : 10h à 18h, tous les jours de 10h à 17h.
 Billet : 12€ / 6€ (moins de 12 ans) / 3€ (moins de 6 ans)
 Réduction : 50% pour les personnes handicapées (selon législation en vigueur)
 Les 20 et 21 septembre 2009 : 10h à 18h, tous les jours de 10h à 17h.
 Billet : 12€ / 6€ (moins de 12 ans) / 3€ (moins de 6 ans)
 Réduction : 50% pour les personnes handicapées (selon législation en vigueur)
 Les 22 et 23 septembre 2009 : 10h à 18h, tous les jours de 10h à 17h.
 Billet : 12€ / 6€ (moins de 12 ans) / 3€ (moins de 6 ans)
 Réduction : 50% pour les personnes handicapées (selon législation en vigueur)
 Les 24 et 25 septembre 2009 : 10h à 18h, tous les jours de 10h à 17h.
 Billet : 12€ / 6€ (moins de 12 ans) / 3€ (moins de 6 ans)
 Réduction : 50% pour les personnes handicapées (selon législation en vigueur)

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Notre diversité visible

De toutes les espèces, notre espèce est l'une de celles qui présentent le plus de différences dans les formes et les couleurs du corps.

Certaines de nos différences physiques visibles sont à peine perceptibles, alors que d'autres comme :

- ▶ la stature (la taille debout),
 - ▶ la couleur de la peau,
 - ▶ et la forme du visage
- varient beaucoup d'un groupe d'individus à l'autre.



En étudiant la diversité physique dans des populations de tous les continents, il devient possible de répondre aux questions qu'elle suscite :

❁ Quelle est l'origine de cette diversité ?

❁ Comment les caractéristiques physiques varient-elles d'une population à l'autre et d'un continent à l'autre ?

❁ Est-ce qu'il est possible de distinguer des "races" au sein de cette diversité ?



La taille

Les tailles moyennes des humains peuvent être mises en relation avec la diversité des environnements qu'ils peuplent.

L'étude des tailles dans le monde, montre qu'il existe des "grands", des "moyens" et des "petits" sur les cinq continents. Cette répartition est le résultat d'une adaptation de nos ancêtres pendant la préhistoire à des environnements très différents.



Reconstitution des tailles moyennes masculines à travers le monde avant les grandes migrations modernes (1492).



Petits

dans les forêts tropicales ou dans les milieux polaires.

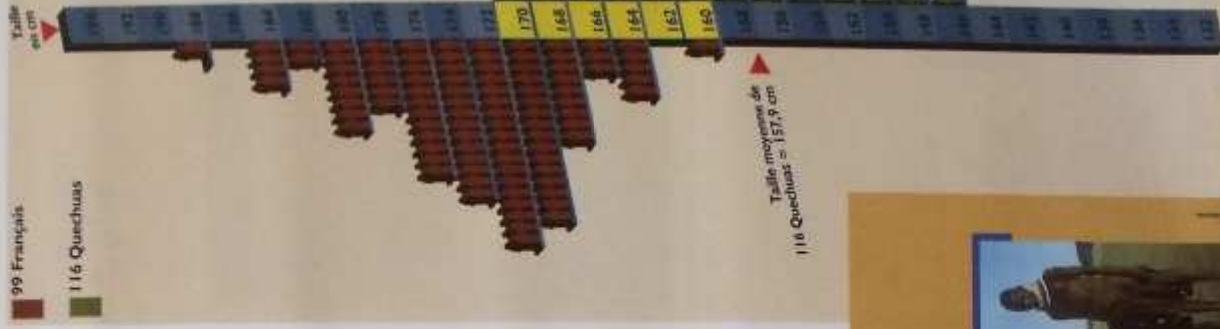


Grands

en zones tempérées froides ou dans les déserts chauds.



Comparaison de deux populations de tailles moyennes différentes



Quel que soit le caractère physique choisi, son étude permet de faire les deux mêmes constatations :

- un même caractère physique ne change jamais brusquement d'une population à l'autre.
- un caractère physique varie toujours beaucoup entre les individus d'une même population.

Dans cette zone, les plus petits des "grands" sont plus grands que les plus grands des "petits" !

Il y a souvent plus de 20 cm d'écart entre les plus grands et les plus petits de la même population.

La couleur de la peau

La couleur de peau moyenne d'une population humaine est en relation avec sa latitude d'origine : plus celle-ci est proche de l'équateur, plus cette couleur est foncée.

La coloration de notre peau est due à une seule substance brune, la "mélanine", qui protège la peau contre les rayonnements ultraviolets du soleil. La couleur plus ou moins foncée d'une personne est déterminée par la quantité de cette mélanine présente dans les couches profondes de l'épiderme. Le sang peut ajouter, par transparence, une nuance rosée ou bleutée.



Coupe de peau claire

Coupe de peau foncée



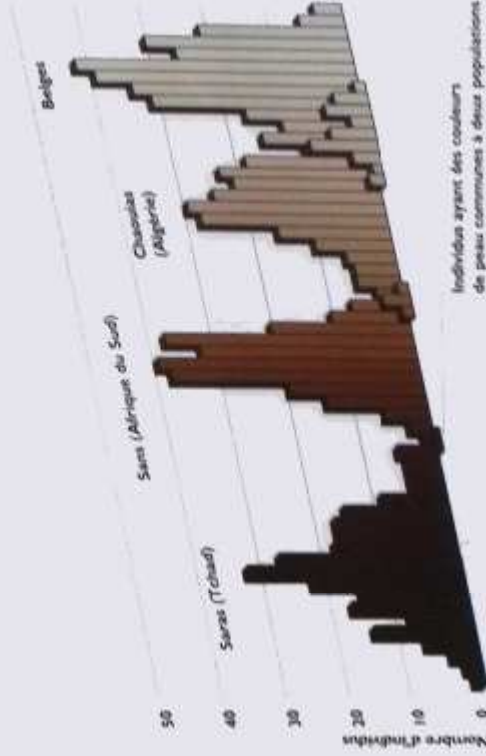
La mélanine est fabriquée par des cellules de l'épiderme, les "mélanocytes".

Comme le montre la répartition des couleurs moyennes de peau à travers le monde, les populations à peaux foncées viennent des zones intertropicales de tous les continents. Les populations claires sont originaires des régions tempérées froides. Des adaptations au milieu, sans doute indépendantes dans les diverses régions géographiques, ont causé la répartition de ce caractère au cours de la préhistoire.



Reconstitution des couleurs moyennes de peau à travers le monde avant les grandes migrations modernes (1492).

Cette reconstitution inspirée, par exemple, par les indices du nord de l'Amérique du Nord et du sud de l'Amérique du Sud sont plus clairs que ceux d'Amérique centrale. Toutes les populations occidentales proviennent des mêmes ancêtres qui ont peuplé l'Amérique depuis l'Asie du Nord au cours de la préhistoire. Une ou deux dizaines de millénaires ont suffi pour modifier l'aspect physique de ces populations.



Individus ayant des couleurs de peau communes à deux populations

Les humains sont plus ou moins foncés

Toute population humaine présente une grande diversité des couleurs de peau. On reconstitue une gamme de "noir" au "blanc" de variations des couleurs de peau en plaçant, bout à bout, les degrés de couleur de quatre populations seulement. Il n'y a pas des catégories distinctes de couleur de peau, mais une variation continue qui se situe entre les plus foncés des populations à peau foncée aux individus les plus clairs des populations à peau claire.



La fréquence est 100 sur 100000 de personnes de couleur qui déterminent la fréquence de la mélanine dans les cellules produisant les pigments.

La perception de la diversité

La diversité physique est partout infinie.

Certains contrastes importants entre les populations humaines font que nous sous-estimons facilement notre diversité. Ainsi, un Européen a souvent l'impression que les Chinois ou les Africains sont tous pareils. Un Chinois ou un Africain a la même impression vis-à-vis des Européens.

Cette attitude montre que nous avons une mauvaise image de la diversité humaine. Celle-ci est due à ce que nous ne sommes pas toujours habitués à identifier des personnes physiquement différentes de nous.

En fait, les visages sont partout aussi différents les uns des autres. S'ils ne l'étaient pas, comment serait-il possible de reconnaître une personne familière dans une foule d'inconnus ?

Il y a quatre personnages célèbres dans cette galerie. Cherchez-les !



L'unité du corps humain

A quelques détails près, chaque individu est construit avec les mêmes éléments.

Nos différences physiques ne doivent pas nous faire oublier que nous sommes tous construits de la même façon, avec les mêmes éléments. Nos organes varient de volume et de forme, mais ces petites variations ne changent en rien leur fonction. Seuls les organes sexuels présentent des différences importantes, entre les hommes et les femmes.

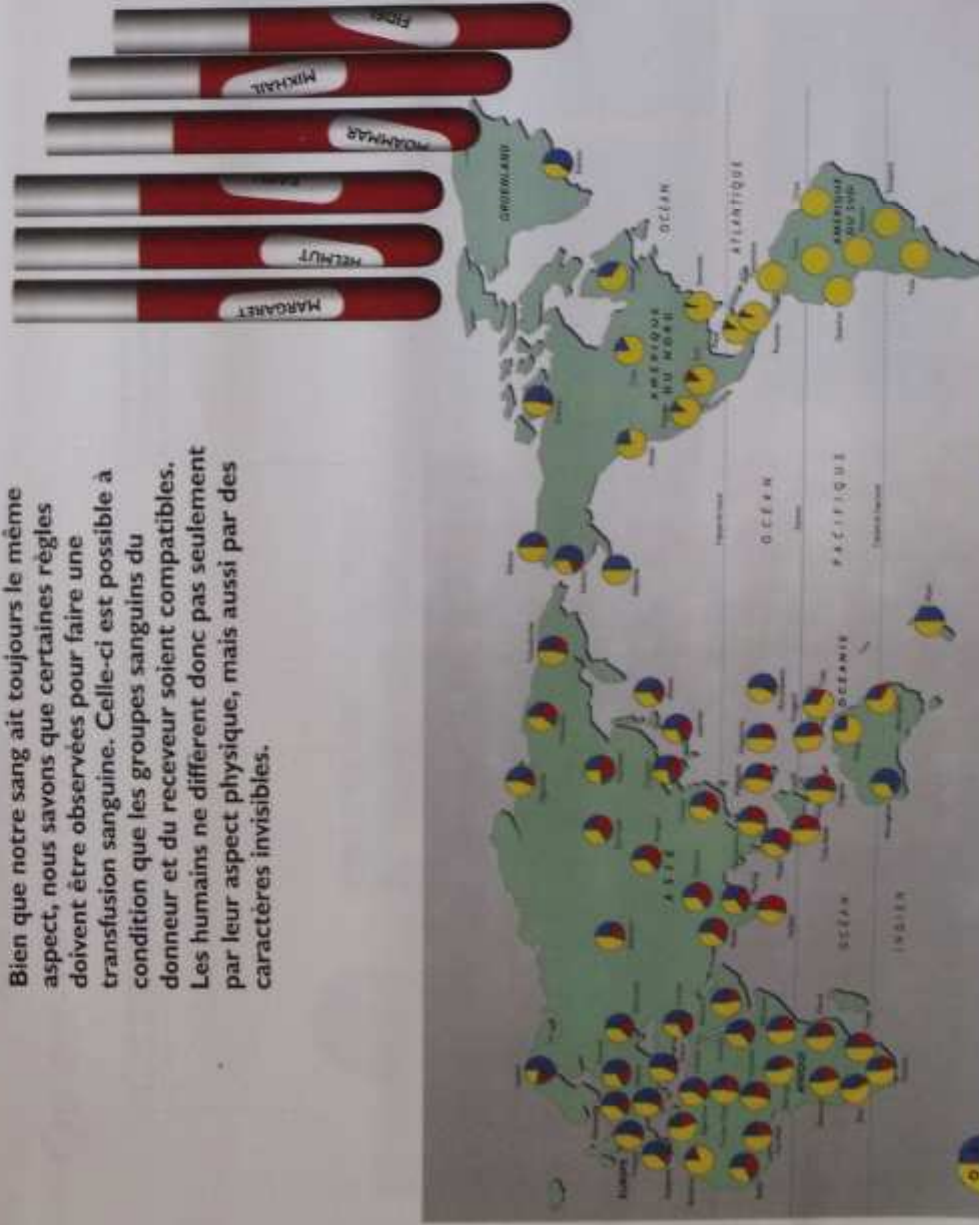


(D'après) J. Bassel-Bazou 3, 14, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025

La diversité invisible

Les humains diffèrent non seulement par leur aspect physique, mais aussi par des caractéristiques invisibles.

Bien que notre sang ait toujours le même aspect, nous savons que certaines règles doivent être observées pour faire une transfusion sanguine. Celle-ci est possible à condition que les groupes sanguins du donneur et du receveur soient compatibles. Les humains ne diffèrent donc pas seulement par leur aspect physique, mais aussi par des caractères invisibles.

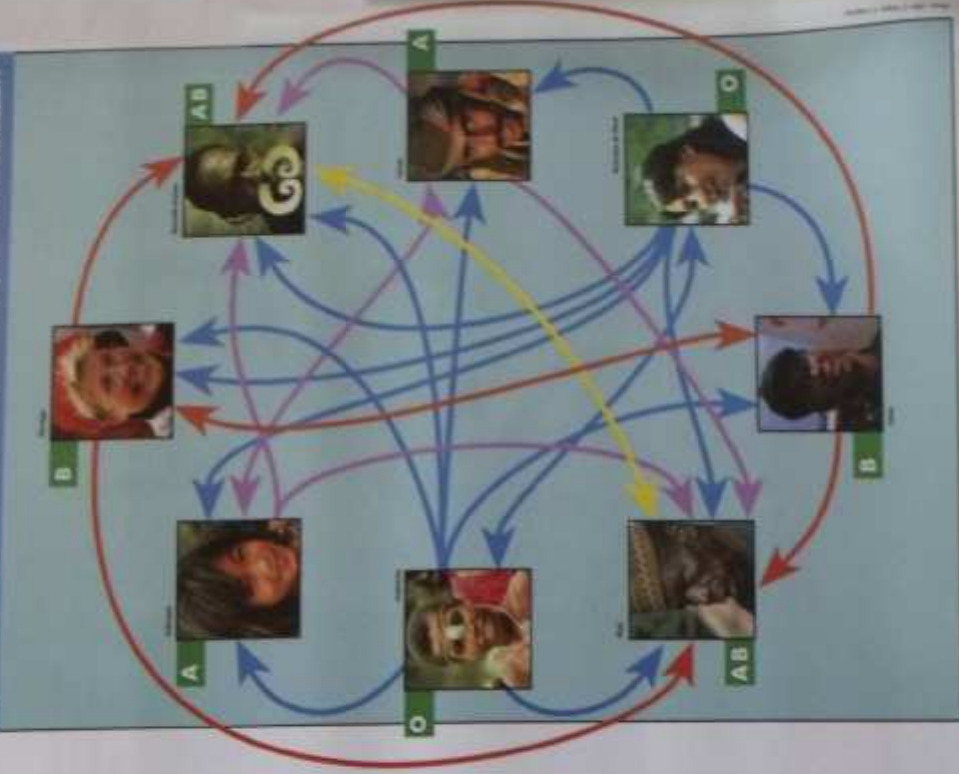


Répartition des groupes sanguins ABO dans 73 populations humaines

A quelques exceptions près, on trouve les 4 groupes sanguins dans toutes les populations humaines. Il n'y a donc pas de relation entre ce caractère et les traits physiques d'une personne.

On sait aujourd'hui qu'il existe quatre groupes sanguins principaux : les groupes A, B, AB et O. Pour qu'une transfusion entre deux personnes soit possible, il faut que le groupe sanguin du donneur soit compatible avec celui du receveur. Le sang d'un Maghrébin ou d'une Sénégalaise peut sauver la vie d'un Vietnamien ou d'une Française, à la seule condition qu'ils possèdent des groupes sanguins compatibles. Leur origine et leur aspect physique ne jouent ici aucun rôle.

En suivant les flèches indiquant quelle personne peut donner son sang à quelle autre personne, retrouvez les règles de compatibilité de la transfusion !



Règles

- Un individu de groupe sanguin A peut donner son sang à un individu de groupe sanguin A ou AB.
- Un individu de groupe sanguin B peut donner son sang à un individu de groupe sanguin B ou AB.
- Un individu de groupe sanguin AB ne peut donner son sang qu'à un autre individu du groupe AB.
- Un individu de groupe sanguin O peut donner son sang à tout genre de receveur des quatre groupes sanguins.

Les bases de la différence

Notre diversité biologique est déterminée génétiquement.

Comme son aspect physique, les caractères invisibles d'un individu sont déterminés par le **bagage génétique** qu'il a hérité de ses parents. Mais alors qu'on ne **connait pas** les gènes qui déterminent sa couleur de peau, sa taille ou l'aspect de son visage, on **connait** ceux qui déterminent des caractères comme son groupe sanguin ou son facteur Rhésus.

Qu'est-ce qu'un gène ?

Un corps humain est composé d'environ 60 000 000 000 000 (60 000 milliards) de cellules.

Chaque cellule contient un noyau.

Chaque noyau contient un bagage génétique de 46 "chromosomes".

Un chromosome est un filament composé d'une substance chimique appelée ADN (acide désoxyribonucléique).

Un gène
est un fragment de l'ADN.
Il contient les informations nécessaires à la détermination d'un caractère.



Cellules (x 2 200)



Noyau (x 10 000)



Chromosome (x 22 000)



ADN (x 1 000 000)



Chaque humain possède 46 chromosomes dans ses cellules. Comme nous en recevons 23 de notre mère et 23 de notre père, on dit aussi que chacun possède 23 paires de chromosomes. Cette double origine des chromosomes explique qu'un individu possède toujours deux exemplaires d'un même gène (exception faite de certains gènes portés par les chromosomes sexuels). Les gènes qui déterminent le groupe sanguin ABO, le facteur Rhésus et le groupe HLA d'un individu sont localisés sur les paires de chromosomes 9, 1 et 6.

Les variantes génétiques

Il existe des milliers de caractères génétiques variables. La combinaison de leurs variantes est à l'origine de la diversité génétique.

L'étude de notre patrimoine génétique a montré que nous avons tous les mêmes gènes, mais que la composition chimique de ces gènes peut être variable de l'un à l'autre. Cette variation fait de nous des individus tous différents. Nous savons aussi que chacun possède deux exemplaires de chaque gène. Pour un même gène, il est donc possible d'observer autant de sortes d'individus différents qu'il y a de possibilités de combiner deux à deux ces variantes.

3 EXEMPLES

Les groupes sanguins ABO



Illustration: Roger C. J. B. / J. B.

Les groupes sanguins ABO constituent l'exemple le plus connu de la diversité génétique.

Nombre de variantes des gènes

Le gène ABO existe en 3 variantes



En les combinant deux à deux, on peut former 6 sortes d'individus



Nombre d'individus différents possibles

Les groupes HLA



Photomicrographie

Le gène HLA-A existe en 41 variantes



Le gène HLA-B existe en 61 variantes



Le gène HLA-C existe en 18 variantes



Le gène HLA-DP existe en 60 variantes



Le gène HLA-DQ existe en 19 variantes



Le gène HLA-DR existe en 38 variantes



Plus les variantes génétiques sont nombreuses, plus le nombre d'individus différents possible pour un système génétique est grand. Il est impossible de tous les représenter pour l'ensemble des groupes HLA.

En les combinant deux à deux, on peut former 3 sortes d'individus



Nombre d'individus différents possibles

Les groupes HLA* ne sont pas très connus, mais ils jouent un rôle déterminant dans les phénomènes de rejet ou d'acceptation des greffes d'organes. Le groupe HLA d'une personne est déterminé par la combinaison de 6 gènes, HLA-A, HLA-B, HLA-C, HLA-DR, HLA-DQ, HLA-DP, qui présentent chacun un grand nombre de variantes. Le nombre de groupes HLA différents est donc énorme.

*HLA est une abréviation pour les mots anglais Human Leucocyte Antigen et est traduit en français par Complexe Majeur d'Histocompatibilité.

Deux individus qui possèdent les mêmes groupes HLA peuvent, si nécessaire, échanger leurs organes sans problème. Il n'y a pas de préférence de race. Deux individus ayant des groupes HLA différents ne peuvent échanger leurs organes que dans certaines conditions et doivent subir un traitement médical "anti-rejet". Comme pour les transplantations cardiaques, la possibilité de faire une greffe d'organe ne dépend pas de l'aspect physique du donneur et du receveur, mais uniquement de la compatibilité de leurs groupes HLA.

Pour en savoir plus sur les groupes HLA

L'une des premières greffes d'organes a été réalisée en Afrique du Sud entre un métré et un blanc par le chirurgien Christian Barnard. C'était en 1967, il n'y avait alors plus d'apartheid entre les races !



Les individus trépassent Les gènes passent

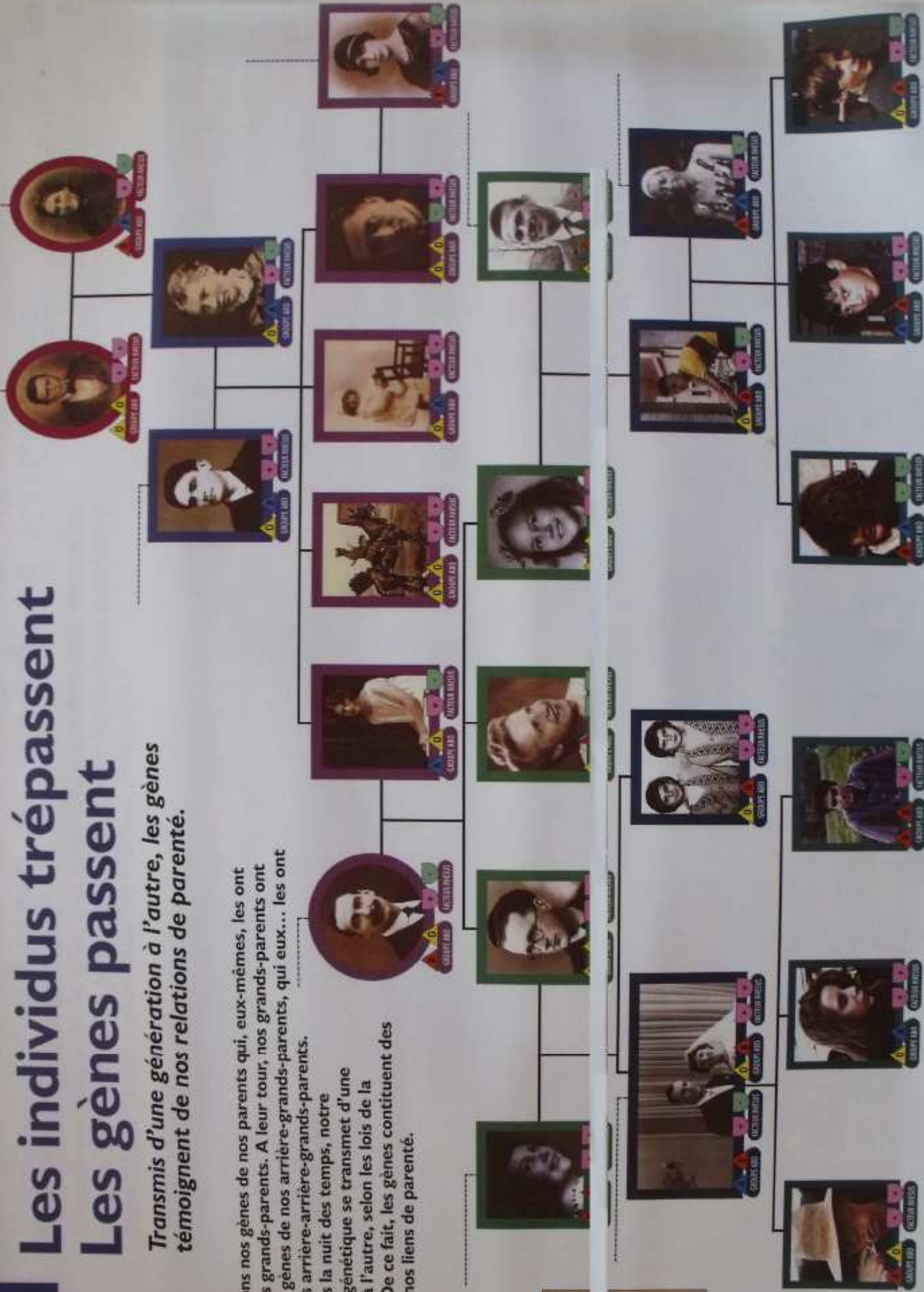
Transmis d'une génération à l'autre, les gènes témoignent de nos relations de parenté.

Nous héritons nos gènes de nos parents qui, eux-mêmes, les ont reçus de nos grands-parents. A leur tour, nos grands-parents ont hérité leurs gènes de nos arrière-grands-parents, qui eux... les ont reçus de nos arrière-arrière-grands-parents.

Ainsi, depuis la nuit des temps, notre patrimoine génétique se transmet d'une génération à l'autre, selon les lois de la génétique. De ce fait, les gènes contiennent des témoins de nos liens de parenté.

Les symboles placés sous les portraits des

cette famille représentent les deux variétés ABO et Rhésus qu'ils ont héritées de leurs parents.



Mêmes gènes = mêmes ancêtres

L'étude mondiale de la diversité génétique montre que toutes les populations humaines possèdent à peu près les mêmes variantes génétiques : nous avons tous les mêmes ancêtres !

Proportions dans 18 populations humaines actuelles des variantes des gènes :



ABO



Rhésus



HLA-A



Des ancêtres communs

Les 18 populations étudiées ici possèdent à peu près les mêmes variantes génétiques ABO, Rhésus et HLA-A mais pas dans les mêmes proportions.

Cette constatation s'applique pratiquement à tous les caractères génétiques.

Puisque les gènes se transmettent de génération en génération et que les mêmes gènes existent dans des populations très éloignées les unes des autres, on peut conclure que **tous les humains actuels ont des ancêtres communs.**

Diversité génétique et migrations

La diversité génétique des populations humaines actuelles reflète les chemins suivis par nos ancêtres au cours de leur conquête du monde.

Toutes les populations humaines possèdent à peu près les mêmes variantes génétiques, mais dans des proportions qui varient d'une population à l'autre. En étudiant ces différences entre deux populations, on obtient une mesure de leur ressemblance génétique : plus ces différences sont faibles, plus ces deux populations se ressemblent génétiquement. Le "réseau génétique" a été obtenu en faisant cette comparaison avec 19 populations réparties sur les cinq continents. Leurs ressemblances génétiques ont été matérialisées par des barres : plus une barre est courte, plus les deux populations qu'elle relie sont proches génétiquement.

Le réseau montre que la diversité génétique change progressivement d'une population à l'autre, en fonction de la géographie des continents. Cela prouve que cette diversité résulte des déplacements effectués par nos ancêtres au cours de leur conquête du monde et des migrations qui l'ont suivie.

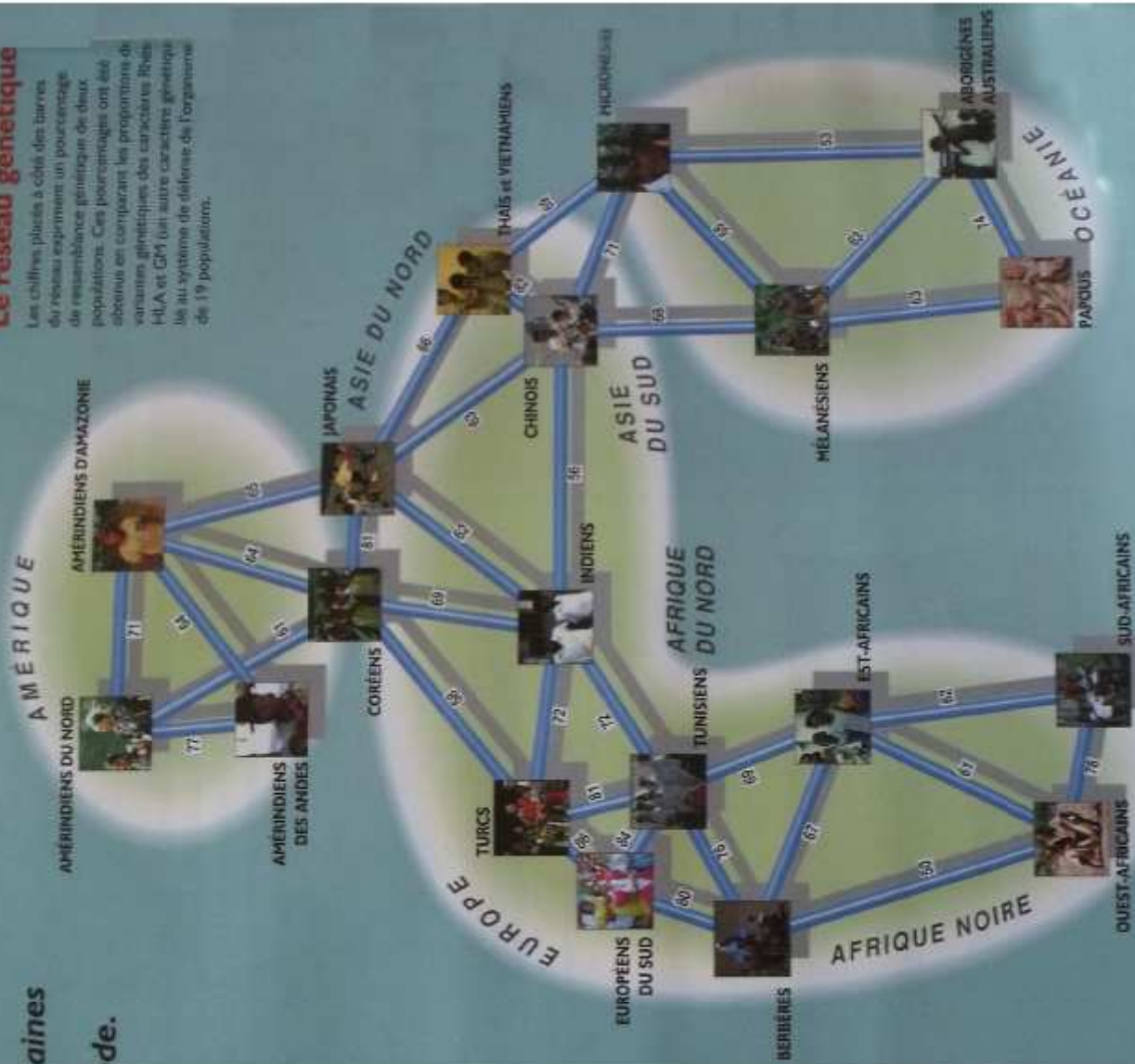
Les classifications raciales sont arbitraires



Cette illustration, tirée d'un ouvrage du scientifique, montre que la comparaison actuelle de la diversité humaine, faite indépendamment des classifications raciales d'autrefois. Ces classifications étaient soit totalement arbitraires et basées sur des critères (comme la couleur de la peau) qui n'ont rien à voir avec la diversité génétique, soit basées sur des critères (comme la langue) qui n'ont rien à voir avec la diversité génétique. Le réseau génétique montre, au contraire, qu'il n'y a pas de frontières entre les populations et qu'elles sont toutes liées les unes aux autres, indépendamment de leur répartition géographique.

Illustration : Anthropologie (1971)

Le réseau génétique
Les chiffres placés à côté des barres du réseau expriment un pourcentage de ressemblance génétique de deux populations. Ces pourcentages ont été obtenus en comparant les proportions de variantes génétiques des caractères RFLP-HLA et GM (un autre caractère génétique lié au système de défense de l'organisme) de 19 populations.



Des humains comme nous depuis 100 000 ans

L'histoire de notre espèce commence il y a 100 000 ans "seulement", avec l'apparition des premiers "Hommes modernes" ou Homo sapiens sapiens.

Les humains comme nous les plus anciens ont été trouvés au Moyen-Orient et en Afrique. C'est donc très probablement dans cette région du monde qu'on a vécu nos premiers ancêtres directs. Les datations de ces premiers "Hommes comme nous" ont montré qu'ils ont environ 100 000 ans. Notre espèce est donc très jeune, si l'on compare son âge à la durée de l'évolution humaine, commencée il y a 3 millions d'années avec les premiers fabricants incontestés d'outils, les *Homo habilis*.

Les *Homo erectus*, les *Homo habilis* et l'Homme de Neandertal diffèrent trop des Hommes actuels pour qu'on les considère comme des humains comme nous. Les Australopitèques sont si différents de nous qu'un dit souvent d'eux que ce sont des singes qui marchaient debout.

Des singes debout

Australopithecus afarensis



Australopithecus africanus



Lucy

Homo habilis



Homo erectus



Homo sapiens neanderthalensis



Les humains pas comme nous

Les humains comme nous



Localisation des plus anciens fossiles d'Hommes modernes (datés de 100 000 ans)

Qu'est-ce qu'un humain comme nous ?

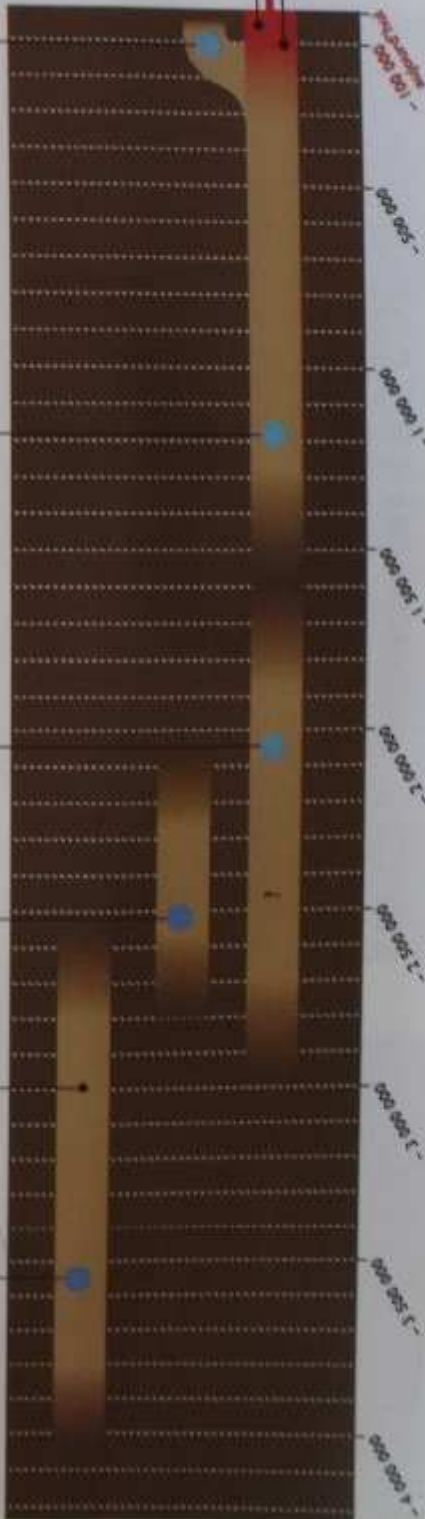
Un individu qui a des traits humains, principalement considérés en ce qui concerne la taille du cerveau, la structure du crâne et la "modernité" de l'os hyoïde. Le squelette de l'Homme de Qafzeh et Skhul est considéré comme le plus ancien "Humain moderne" (100 000 ans). C'est aussi l'un des plus anciens "Humains modernes" connus.

Le crâne de Qafzeh est considéré un crâne d'Homme moderne, car il a une structure cérébrale moderne, une structure hyoïdienne moderne, une structure osseuse moderne et une structure dentaire moderne.



Crâne de Qafzeh

Crâne d'Alzgonon Qafzeh



Le peuplement du monde

La paléontologie et la génétique permettent de reconstituer la manière dont les Hommes modernes ont progressivement peuplé la terre. Bien que n'étant pas définitif, le scénario proposé est celui qui correspond le mieux à l'état de nos connaissances.

Nous sommes tous des immigrés !

La peuplement de la planète par nos ancêtres s'est progressivement effectué à partir d'une région située entre le Moyen-Orient, l'Afrique du Nord et de l'Est. Tous les Hommes actuels sont donc des descendants d'immigrés. Ainsi, comme le montre la troisième carte, la France a été occupée pour la première fois par des Hommes modernes il y a environ 40 000 ans. Les Hommes de Cro-Magnon, qui sont les plus anciens "Français" modernes connus, sont les premiers immigrés venus du Moyen-Orient.



Créneau de Cro-Magnon 2



Le peuplement du monde en 100 000 ans.

L'illusion des races

La diversité des humains est si importante et si compliquée qu'il est impossible de classer plus de 5,5 milliards d'individus en quelques races.



Certaines de nos différences donnent l'impression qu'il est possible de nous diviser en quelques races. Mais quand on étudie les caractères physiques dans le détail, on n'arrive pas du tout à la même conclusion. On constate simplement que la diversité physique change progressivement d'un bout à l'autre des continents. Tracer des frontières à l'intérieur de cette diversité est donc tout à fait arbitraire. La diversité humaine est en réalité infiniment plus compliquée que l'idée que nous nous en faisons. C'est pour cette raison que les classifications raciales ne donnent pas de résultats cohérents et que les "races" n'ont rien de scientifique.



La génétique nous apprend qu'il est impossible de classer des ressemblances physiques par des ressemblances génétiques. Comme le montre le tableau, des populations d'Afrique et de Malaisie, qui se ressemblent beaucoup sur le plan physique, sont génétiquement divergentes. À l'inverse, des populations asiatiques et australiennes, génétiquement très proches, diffèrent beaucoup sur leurs traits physiques.

Populations physiquement semblables et physiquement divergentes

Populations physiquement différentes et physiquement semblables

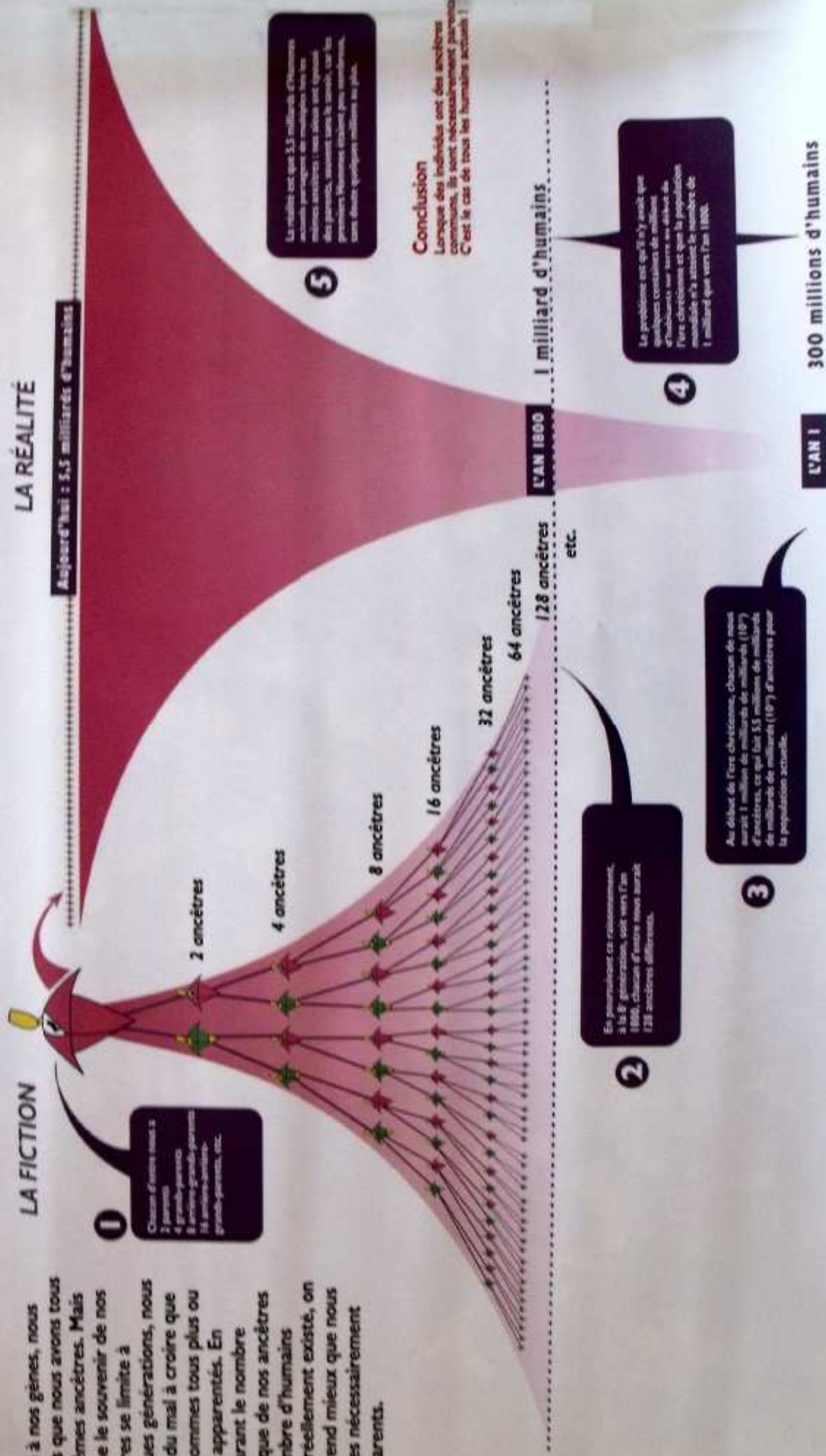
L'idée qu'il est impossible de tout classer n'est pas nouvelle. En 1784 déjà, le philosophe et naturaliste allemand Herder écrivait :

"Il existe et qu'on en voit cinq types humains... Le terme race se réfère à une différence d'origine qui n'affecte pas chez l'homme les traits physiques et comportementaux et surtout les caractères mentaux... et ce sont finalement que les arbitres d'une grande usage qui s'accordent sur tous les lieux et tous les continents." Il aura fallu attendre la génétique actuelle pour que l'on reconnaisse enfin la complexité de cette étonnante diversité.

TOUS PARENTS...

Nous partageons tous de multiples fois les mêmes ancêtres.

Grâce à nos gènes, nous savons que nous avons tous les mêmes ancêtres. Mais comme le souvenir de nos ancêtres se limite à quelques générations, nous avons du mal à croire que nous sommes tous plus ou moins apparentés. En comparant le nombre théorique de nos ancêtres au nombre d'humains ayant réellement existé, on comprend mieux que nous sommes nécessairement tous parents.



... TOUS DIFFÉRENTS

On estime que 80 milliards d'humains se sont succédé sur terre depuis notre origine commune. A l'exception des vrais jumeaux, jamais deux d'entre eux n'ont eu le même patrimoine génétique : chacun est unique.

A chaque génération, les parents transmettent une nouvelle combinaison de leurs variantes génétiques à leurs enfants. Ce "brassage génétique" fait qu'on peut théoriquement observer autant d'individus différents qu'il y a de possibilités de combiner les variantes de tous les caractères génétiques. En appliquant ce raisonnement aux seules variantes génétiques ABO, Rhésus et HLA, on peut déjà former :

1 291 178 228 421 950 000 individus différents !

Pour obtenir ce résultat, il suffit de multiplier le nombre de variants de chaque caractère génétique. Exemple : 6 x 2 x 4 x 60 x 1 000 x 1 000 x 1 000 = 1 291 178 228 421 950 000.

Ce chiffre est bien entendu une estimation théorique qui ne tient pas compte de la présence de gènes identiques chez les individus.



En appliquant le même raisonnement à tous les caractères variables du patrimoine génétique humain, on montre facilement que :

le nombre des individus différents possibles est beaucoup plus grand que le nombre des atomes de l'Univers