

DOSSIER PEDAGOGIQUE



SOMMAIRE

| | |
|---|------|
| L'exposition Chiens & Chats : présentation | p 3 |
| Liens avec les programmes scolaires | p 4 |
| La production des pigments de la fourrure des chats | p 5 |
| Le contrôle génétique de la couleur du pelage des chats | p 8 |
| Le cas des chats « écaille de tortue » (chats « tortie » ou « calicots ») | p 11 |
| L'histoire évolutive du chien | p 13 |
| Le décryptage du génome canin | p 16 |
| L'Espace des sciences en pratique | p 17 |

L'exposition Chiens & Chats : présentation

Près de 63 millions d'animaux de compagnie sont recensés en France, avec 11,4 millions de chats et 7,4 millions de chiens. Mais connaissons-nous réellement nos compagnons du quotidien ?

Cette nouvelle exposition présente les connaissances et découvertes scientifiques, sociologiques et culturelles récentes sur ces animaux. Des jeux, des multimédias, des films permettent d'aborder et de comprendre les capacités, la sensibilité et l'intelligence de nos compagnons à 4 pattes.

L'animation pour les classes

Animation de 30 minutes : Comme chiens et chats (à partir du CP)

Saviez-vous qu'il existe 343 races de chiens et 72 races de chat de toutes tailles et de tous poils ? Agilité, sens de l'odorat, vision nocturne... Certaines de leurs particularités sont utilisées par l'Homme pour sauver des vies ou pour l'aider dans son quotidien.

Un médiateur de l'Espace des sciences vous explique les différences comportementales et morphologiques entre les chiens et les chats. Sont-ils sociaux ou solitaires ? Comment communiquent-ils ? Nous comprennent-ils ? *Canis familiaris* (le chien) et *Felis catus* (le chat) peuvent encore nous surprendre !

Liens avec les programmes scolaires

Cycle 4 : le vivant et son évolution

- Relation de parenté chez les êtres vivants
- Relation phénotype-génotypes et action de l'environnement
- Mécanismes d'évolution

Classe de seconde : Biodiversité, résultat et étape de l'évolution

Classe de première spécialité : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique

Quelques pistes d'exploitation pédagogiques

La production des pigments de la fourrure des chats

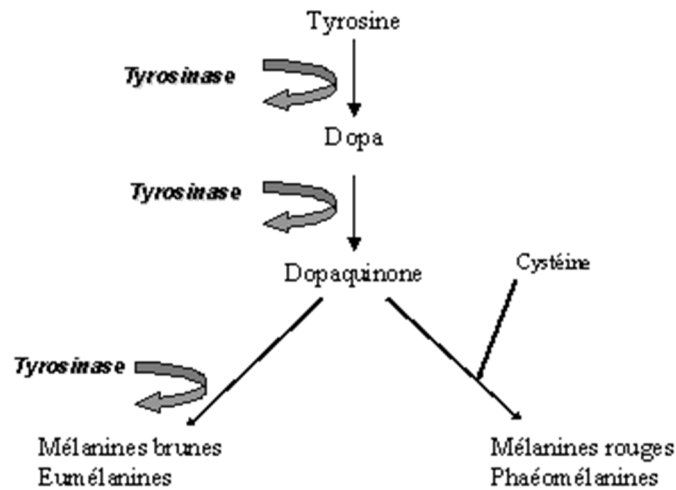
Il existe actuellement une cinquantaine de races de chats identifiés en France .

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>ABYSSIN</p>  | <p>AMERICAN BOBTAIL</p>  | <p>AMERICAN CURL</p>  | <p>AMERICAN SHORTHAIR ET WIREHAIR</p>  |
| <p>ANGORA TURC</p>  | <p>BALINAIS ET MANDARIN</p>  | <p>BENGAL</p>  | <p>BOMBAY ET BURMESE AMERICAIN</p>  |
| <p>BRITISH</p>  | <p>BURMESE ANGLAIS</p>  | <p>BURMILLA ET ASIAN</p>  | <p>CEYLAN</p>  |
| <p>CHARTREUX</p>  | <p>CHAUSIE</p>  | <p>CORNISH REX</p>  | <p>DEVON REX</p>  |
| <p>DONSKOY</p>  | <p>EUROPEAN SHORTHAIR</p>  | <p>EXOTIC SHORTHAIR</p>  | <p>GERMAN REX</p>  |
| <p>HAVANA BROWN</p>  | <p>JAPANESE BOBTAIL</p>  | <p>KORAT</p>  | <p>KURILIAN BOBTAIL</p>  |

https://www.loof.asso.fr/races/list_races.php

La pigmentation des mammifères est due à la présence des **mélanocytes**, cellules pigmentaires présentes, entre autres, au niveau du derme, de l'épiderme, des follicules pileux, de la choroïde, de l'épithélium pigmentaire de la rétine.

Les mélanocytes renferment des lysosomes modifiés, appelés **mélanosomes**, qui contiennent les pigments: **eumélanines foncées (brunes à noires)** et **phéomélanines claires (jaunes à rouges)**. Ces pigments sont synthétisés dans les mélanosomes grâce à une enzyme qui catalyse trois des réactions de la voie de biosynthèse des mélanines: la tyrosinase.



<http://www.elevage-du-chat.fr/gene-c-tyrosinase.htm>

La couleur des poils dépend de l'activité des mélanocytes situés à la base des follicules pileux et donc du type de pigment fabriqué. La couleur jaune des poils implique que les mélanocytes fabriquent surtout de la phéomélanine et peu ou pas d'eumélanine. En revanche, la couleur noire indique que les mélanocytes synthétisent quasi uniquement de l'eumélanine et en grande quantité.

La voie de synthèse vers l'un ou l'autre pigment dépend de l'activation d'un gène appelé MC 1R (Melanocortin 1 receptor). Ce gène code pour une protéine MC1R, qui est un récepteur membranaire contrôlant la production de mélanine. Ce récepteur possède 2 ligands antagonistes : l' α -MSH (Melanocyte Stimulating Hormone) et la protéine Agouti.

L' α -MSH (Melanocyte Stimulating Hormone), encore appelée mélanocortine, mélanotropine ou hormone mélanotrope, est un peptide de 13 acides aminés produit par l'hypophyse et les kératinocytes de l'épiderme. La fixation de l' α -MSH sur le récepteur MC1R entraîne la synthèse préférentielle d'eumélanine.

Ce récepteur est inhibé par une protéine à effet antagoniste codée par le gène Agouti. La protéine Agouti empêche la fixation de la MSH, ce qui a pour effet une diminution de l'activité des enzymes dans le mélanosome.

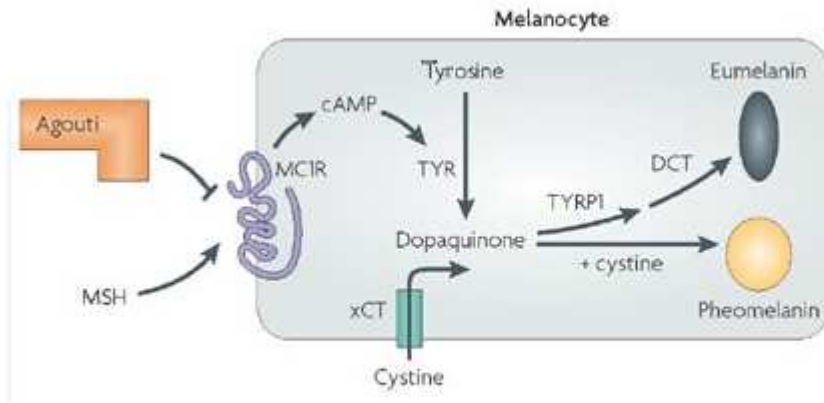
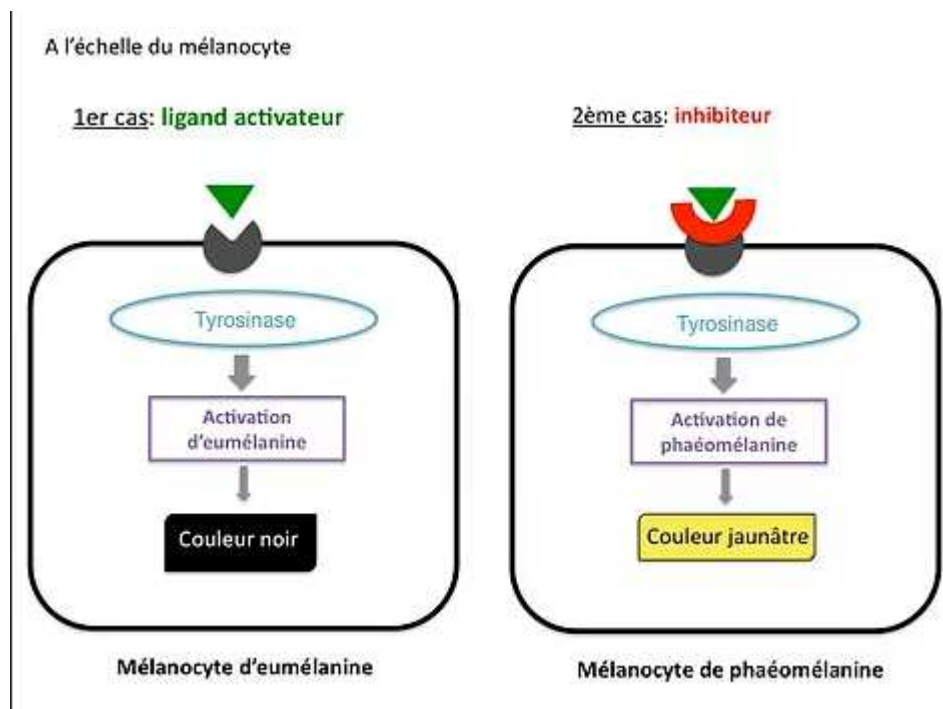


Schéma : le récepteur MC1R et la synthèse de mélanine. TYR = Tyrosinase.

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/evolution/accompagnement-pedagogique/accompagnement-au-lycee/terminale-2012/un-regard-sur-levolution-de-lhomme/evolution-dans-la-lignee-humaine/quelques-aspects-genetiques-de-levolution-des-populations-humaines-homo-sapiens-sapiens/histoire-evolutive-de-la-pigmentation-de-la-peau-humaine/proteine-codee-par-le-gene-mc1r>



<https://pelagedesanimaux.wixsite.com/pelagedesanimaux/blank-rzqgd>



Le contrôle génétique de la couleur du pelage des chats

La couleur de la fourrure des chats est sous le contrôle de l'expression de 12 gènes.

| | Allèle sauvage et phénotype associé | Allèle muté et phénotype associé | | | |
|---|--|--|--|--|---|
| Gène A (Agouti) | Allèle A : poil agouti avec une alternance de bandes colorées (poil rayé) | Allèle a : poil uni (non agouti) | | | |
| Gène B (Black) | Allèle B (black) : accumulation d'eumélanine, poil noir | Allèle b : poil brun-chocolat (brown) | Allèle b1 : poil brun-clair ou cannelle | | |
| Gène O (Orange) | Allèle O : accumulation de phéomélanine (blocage de la formation d'eumélanine ou transformation de l'eumélanine en phéomélanine) | Allèle o : la couleur exprimée est celle de l'eumélanine | | | |
| Gène D (Dilution) | Allèle D (non dilution) | Allèle d : coloration diluée | Ex : dd B_ : noir « dilué » = gris Dd b1 : brun –chocolat « dilué » = lavande | | |
| Gène C (coloration du corps) | Allèle C : Tyrosinase fonctionnelle sur tout le corps ;Couleur égale | Allèle c : tyrosinase non fonctionnelle. Robe blanche, yeux rouges (albinos) | Allèle ca : tyrosinase peu fonctionnelle. Mélanine produite en faible quantité | Allèle cs : tyrosinase thermosensible. Production de mélanine dans les parties les plus froides du corps | Allèle cb : production de mélanine sur tout le corps et en abondance sur les parties les plus froides |
| Gène S (Spots blancs) ; blocage de la tyrosinase | Allèle S : présence de spots blancs | Allèle s : absence de spots blancs | | | |
| Gène T (Tabby : rayures tigrées) | Allèle T : tabby tigré à longues lignes ou tabby moucheté | Allèle tb : tabby classique : rayures longues et larges | Allèle Ta : allèle abyssin : robe de couleur sable | | |
| Gène White (blanc dominant) : production d'eumélanine impossible. L'expression de ce gène empêche l'expression d'autres gènes codant pour les couleurs | Allèle W : poil tout blanc | Allèle w : poil non tout blanc | | | |
| Gène L : longueur des poils (gène qui | Allèle L : poil court | Allèle l : poils longs (type persan) | | | |

| | | |
|---|---|---|
| contrôle la production de kératine) | | |
| Gène I (inhibitor) ou silver : effet argent. Blocage de la synthèse de phaeomélanine. Le jaune du poil agouti est remplacé par du blanc | Allèle I : pas de remplacement du jaune par du blanc | Allèle i : remplacement du jaune par du blanc |
| Gène Tipping (« pointe ») | Allèle Ch (Chinchilla) : pointe courte colorée . Allèle Sh (shadow) : coloration sur une pointe plus longue. Allèle Sm (smoke) : poils longs colorés sur une partie, poils courts clairs | |
| Autres mutations : Gène Sx (sphinx) Gène ManX (Mx) | Sx : gène « sans poil », présent dans la race Sphinx. Chats sans queue | |

Exercice : donner les combinaisons alléliques de ces chats :

| | | |
|---|--|--|
| <p>Chat européen écaillé et blanc, aussi appelé calicot</p>  | <p>Non agouti Eumélanine "noir" Couleur non diluée Présence de roux, phéomélanine Présence de roux et de noir : écaillé. Couleur sur tout le corps et non aux seules extrémités. Présence de gros spots blancs sur le ventre, le cou et les pattes</p> | |
| <p>Tabby tigré bleu et blanc</p>  | <p>Agouti. tigré Eumélanine "noir" diluée, "bleu" Absence de roux Couleur sur tout le corps et non aux seules extrémités Présence de gros spots blancs sur le ventre, le cou et les pattes</p> | |

Plus de détails sur le site internet :

http://departement.cegestfe.ca/sciences/lduchesne/101nya/labs/lab_genetique_chats/texte.htm

Pour aller plus loin :

http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/48209/AVF_2012_3_205.pdf?sequence=1

Le cas des chats « écaïlle de tortue » (chats « tortie » ou « calicots »)



© Ksmith4f, Wikimedia, domaine public

L'expression *écaïlle de tortue* désigne une robe typique de certains chats. Il s'agit d'un mélange de noir et de roux relevé de taches à différentes tonalités diluées ou non de type cannelle ou chocolat. Ces taches peuvent être larges et très visibles ou apparaître de manière très fine, voire floue comme des petits tourbillons ou des mouchetures.

Les coloris roux et noir sont codés par 1 gène avec 2 allèles portés par les chromosomes X. Un chromosome X porte l'allèle codant la couleur rousse (X_o) et l'autre l'allèle codant la couleur brune (X_+).

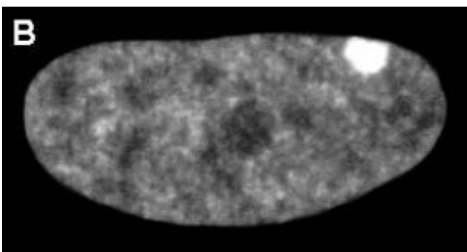
Les mâles sont uniformément colorés car ils n'ont qu'un chromosome X, hérité de leur mère.

Chez les femelles, certaines cellules n'expriment qu'un des 2 chromosomes X. L'autre est inactivé à un stade précoce de développement.

Une cellule exprime son chromosome X_o , et une autre X_+ . Chaque cellule va ensuite se diviser et forme un ensemble de cellules X_o ou X_+ , ce qui va être à l'origine des taches rousses et brunes. Cette répartition se fait de manière aléatoire.

L'observation de cellules femelles entre 2 divisions montre l'existence d'un corpuscule de Barr, constitué de chromatine condensée. Ce corpuscule n'existe pas dans les cellules issues d'un chat mâle.

L'inactivation du chromosome X serait liée à la présence de ce corpuscule. La totalité des gènes portés par le chromosome X est alors inactivée.



Aspect du noyau d'un mélanocyte de chatte calico (sur ce type d'image, un corpuscule de Barr apparaît sous la forme d'une tâche blanche.)

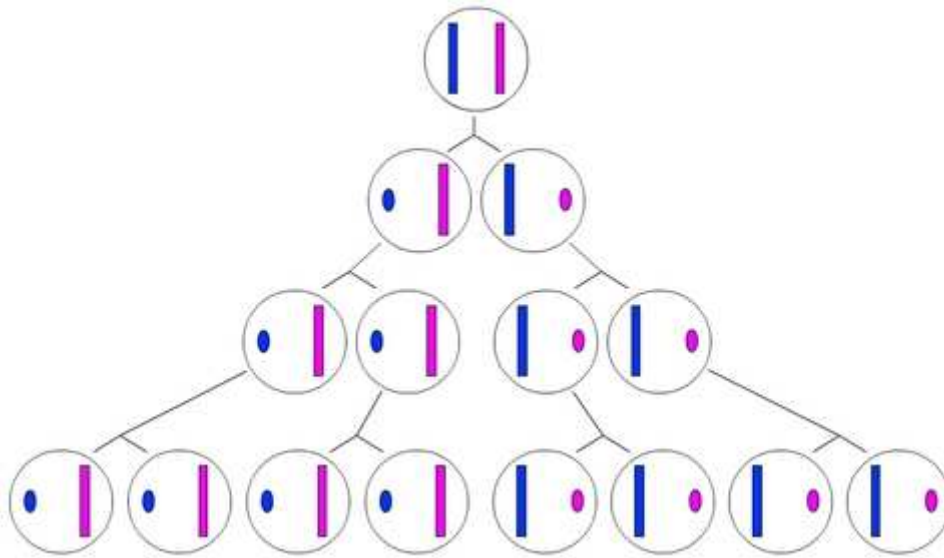


Schéma illustrant l'inactivation d'un chromosome X. Très précocement au cours du développement, l'un des deux chromosomes X est inactivé en donnant naissance au corpuscule de Barr. Cette inactivation est alors transmise à la descendance de la cellule. Le choix de l'inactivation du chromosome X paternel (en bleu) ou maternel (en rose), est aléatoire.

<http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/kx/kx.htm>

L'inactivation du chromosome X : un exemple de régulation de l'expression de gènes

Chez les mammifères femelles XX, l'inactivation d'un chromosome X permet de compenser la double dose de produits des gènes liés à l'X par rapport aux mâles XY.

Cette inactivation du chromosome X est liée à l'intervention d'un centre d'inactivation de l'X (Xic), codé par un gène Xist (effecteur majeur de l'inactivation).

Ce gène Xist s'exprime de façon aléatoire soit sur le X paternel ou le X maternel dès les premiers stades de développement embryonnaire. Il gouverne la synthèse d'un ARN-Xist de 19 kilobases (X inhibitory specific transcript). Ce transcrite est non codant, c'est à dire non traduit en protéine. Produit en grande quantité, il finit par tapisser entièrement, et uniquement, le chromosome X paternel ou maternel dont il est lui-même issu, le rendant ainsi presque entièrement inactif, et produisant donc le corpuscule de Barr. Cet ARN-Xist agit en interdisant l'accès de la machinerie transcriptionnelle au chromosome X qu'il recouvre.

Le chromosome X qui n'exprime pas cet ARN-Xist inhibiteur devient l'X actif de la cellule.

Il existe aussi un facteur qui méthyle le promoteur du gène Xist et donc l'inactive.

L'action du gène Xist est limitée dans le temps. Elle est relayée ensuite par des modifications épigénétiques (addition de groupements méthyles sur certaines bases comme les cytosines).

Ainsi, dans ce processus d'inactivation/activation de l'X, des facteurs à la fois directement génétiques (enrobage par l'ARNXist) et épigénétiques (inhibant le processus en amont, ou venant au contraire le relayer en aval) interviennent.

Cas des chats mâle « tortie »

Selon les estimations, seulement 1 chat écaillé de tortue sur 3.000 est un mâle. Par conséquent, les chats mâles qui présentent une telle robe sont porteurs d'une anomalie chromosomique : celle-ci semble être une anomalie de nombre (ou aneuploïdie), avec un ou plusieurs chromosomes X surnuméraires (ou syndrome de Klinefelter).

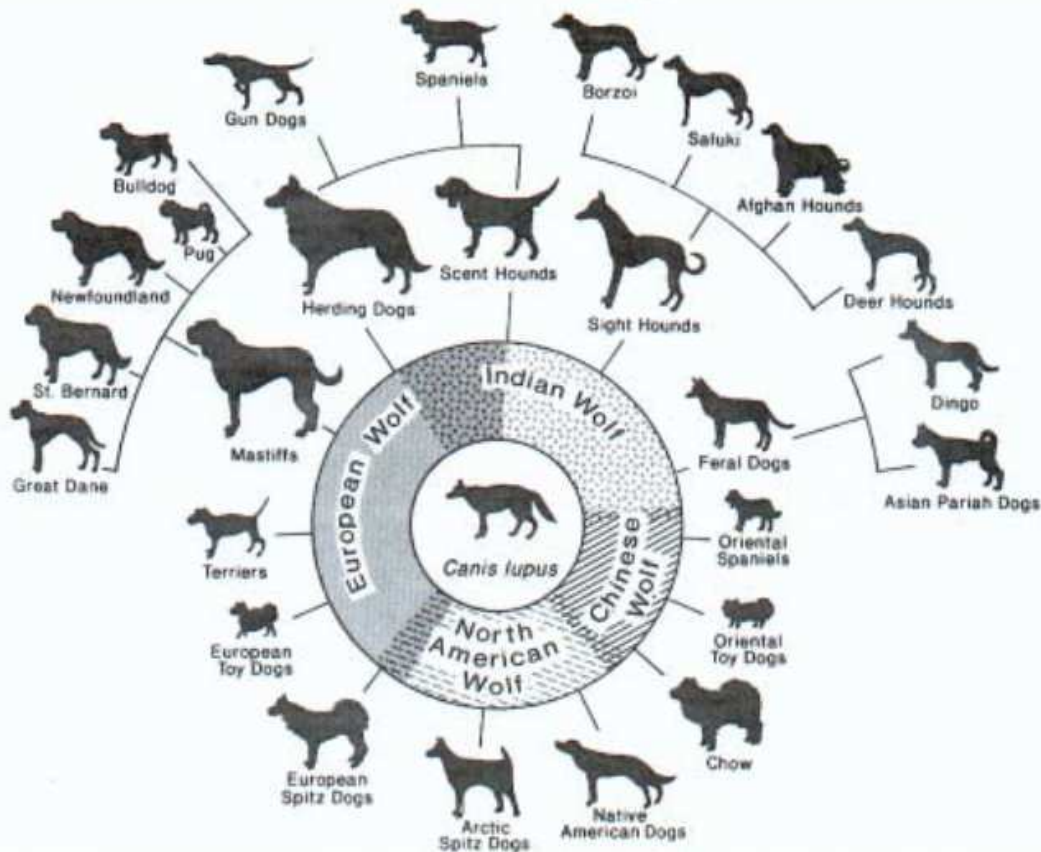
Cette anomalie, bien connue dans d'autres espèces et notamment chez l'homme, se traduit par des anomalies du développement sexuel, de sorte que les animaux qui en sont porteurs sont généralement stériles.

L'histoire évolutive du chien

D'un point de vue taxonomique, le chien appartient à l'ordre des carnivores, à la famille des canidés, au genre *Canis* et à l'espèce *familiaris*. Le loup appartient à l'espèce *Lupus*.

La famille des canidés regroupe 38 espèces, comme le chien, le loup, le coyote, le chacal, le renard, ...

L'analyse génétique de fragment d'ADN mitochondrial confirme l'hypothèse que les chiens anciens et actuels partageraient une origine commune, celle des loups gris de l'Ancien Monde. Les chiens seraient des descendants de loups domestiqués vers 15 000 ans. Il y aurait plusieurs zones géographiques de domestication des loups.



De nouveaux résultats, parus en 2017, repousserait la domestication entre 20 000 et 40 000 ans. La plus vieille mâchoire de chien domestiqué retrouvée date de 14 700 ans, mais il existe des restes fossiles ressemblant à ceux des chiens qui dateraient de 35000 ans.

<https://www.pourlascience.fr/sd/archeologie/la-domestication-du-chien-plus-ancienne-que-prevu-12640.php>

Une étude récente de 2018 a permis de réaliser un arbre phylogénétique pour 161 races. Cette étude montre l'existence de 23 clades (groupes d'animaux possédant le même ancêtre commun). Chaque clade contient de 2 à 18 races. On distingue par exemple le groupe formé par les boxers, bouledogues, un autre groupe avec les chiens de bergers, collies...



Figure 2. Representatives from Each of the 23 Clades of Breeds

Breeds and clades are listed for each picture from left to right, top to bottom.

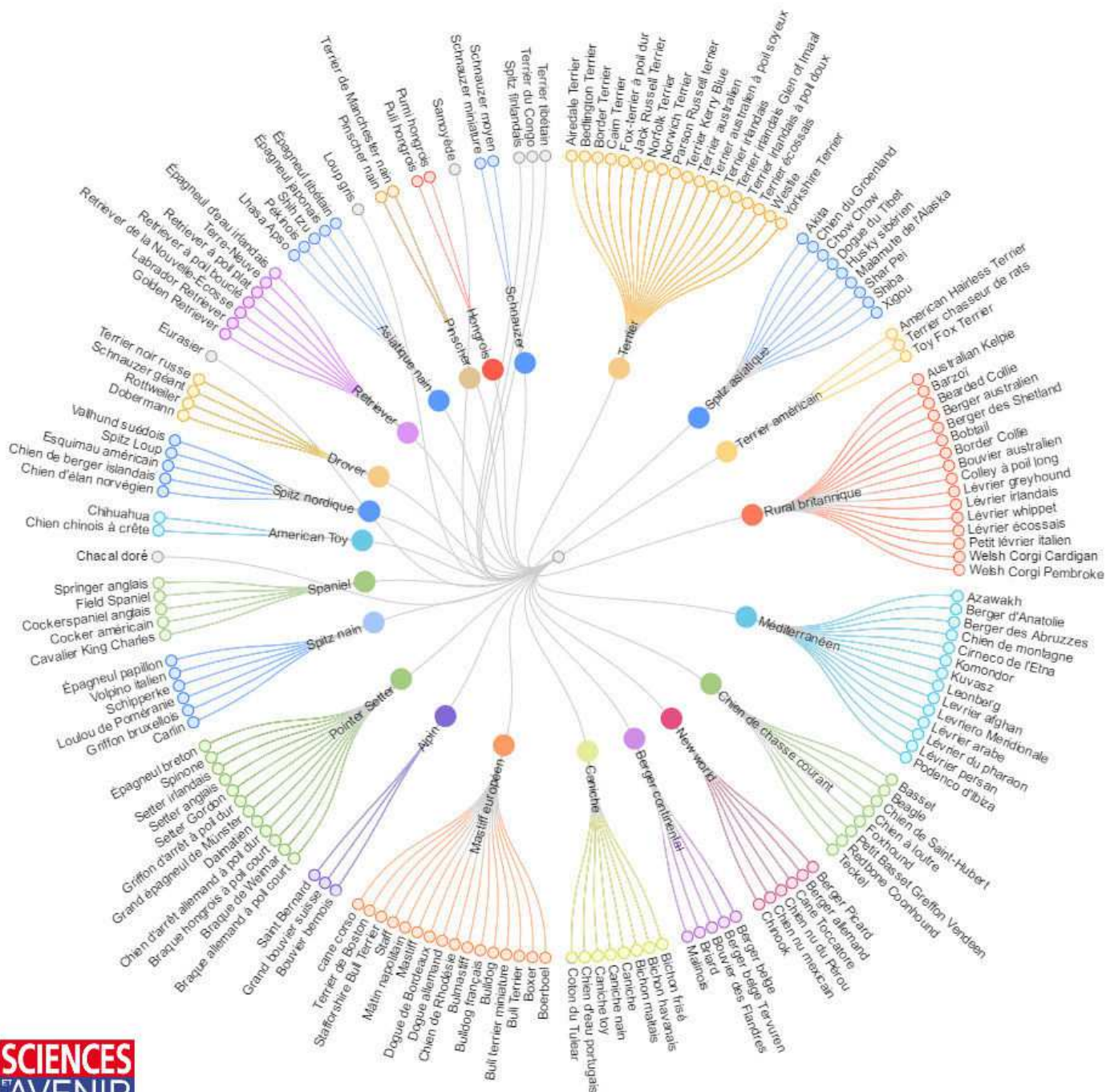
- (A) Akita/Asian spitz.
- (B) Shih tzu/Asian toy (by Mary Bloom).
- (C) Icelandic sheepdog/Nordic spitz (by Veronica Druk).
- (D) Miniature schnauzer/schnauzer.
- (E) Pomeranian/small spitz.
- (F) Brussels griffon/toy spitz (by Mary Bloom).
- (G) Puli/Hungarian.
- (H) Standard poodle/poodle.
- (I) Chihuahua/American toy.
- (J) Rat terrier/American terrier (by Stacy Zimmerman).
- (K) Miniature pinscher/pinscher.
- (L) Irish terrier/terrier.
- (M) German shepherd dog/New World (by Mary Bloom).
- (N) Saluki/Mediterranean (by Mary Bloom).
- (O) Basset hound/scent hound (by Mary Bloom).
- (P) American cocker spaniel/spaniel (by Mary Bloom).

- (Q) Golden retriever/retriever (by Mary Bloom).
- (R) German shorthaired pointer/pointer setter (by Mary Bloom).
- (S) Briard/continental herder (by Mary Bloom).
- (T) Shetland sheepdog/UK rural.
- (U) Rottweiler/drover
- (V) Saint Bernard/alpine.
- (W) English mastiff/European mastiff (by Mary Bloom).

Cette étude montre l'existence de 2 processus de domestication :

- Vers 15 000 ans, les premiers canidés étaient sélectionnés en fonction de leur aptitude physique car ils étaient utilisés pour la chasse, la garde de troupeaux. Ces caractéristiques ont été sélectionnées dans différentes régions du monde.
- Plus récemment, au cours des deux derniers siècles, une sélection artificielle basée sur des critères morphologiques a produit des races modernes. De nombreux croisements ont permis de sélectionner un certain nombre de caractères phénotypiques ou comportementaux.

https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/chiens/journee-mondiale-du-chien-un-arbre-phylogenetique-revele-les-liens-entre-les-differentes-races-de-chiens_112472



L'article original est disponible ici : [https://www.cell.com/cell-reports/fulltext/S2211-1247\(17\)30456-4?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2211124717304564%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/cell-reports/fulltext/S2211-1247(17)30456-4?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2211124717304564%3Fshowall%3Dtrue)

Le décryptage du génome canin

La création de nouvelles races s'est accompagnée de la co-sélection d'allèles morbides responsables de nombreuses maladies génétiques.

En décembre 2005, des chercheurs du Broad Institute ont présenté les résultats du séquençage du génome d'un chien domestique, une femelle Boxer issue d'une lignée très pure. L'étude de ce génome, porté par 39 paires de chromosomes, pourrait permettre de mieux connaître l'origine génétique de certaines maladies communes au chien et à l'homme comme certains cancers, l'épilepsie, cataractes, narcolepsie, ...

Pour aller plus loin :

https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2006/09/medsci20062210p806/medsci20062210p806.html

https://www.lemonde.fr/planete/article/2005/12/08/le-genome-du-chien-accelere-le-decryptage-de-celui-de-l-homme_718835_3244.html

L'Espace des sciences en pratique



Espace des sciences

10, cours des Alliés

35 000 RENNES

Tel : 02 23 40 66 40

Fax : 02 23 40 66 41

www.espace-sciences.org

Visites pour les groupes scolaires:

- mardi, jeudi et vendredi à 9h ,10h30 , 14h et 15h30
- mercredi à 10h30

Toute **réservation est obligatoire** et se fait par téléphone au **02 23 40 66 00** du **lundi au vendredi de 9h à 17h**

Tarifs groupes : 3 euros par enfant (gratuité pour un adulte accompagnateur pour 10 enfants).

Pour plus de renseignements :

- <https://www.espace-sciences.org/enseignants/visite>
- Les **professeurs conseillers-relais de l'Education nationale**
Premier degré : Anne SIMONOT anne.simonot@ac-rennes.fr
Second degré : Didier THIEURMEL didier.thieurmel@ac-rennes.fr