



• AGROBIO PÉRIGORD •  
 Les Agriculteurs BIO de Dordogne

# DU GENOTYPE AU PHENOTYPE

COMMENT UNE MOUCHE OU UN ROSEAU PEUVENT ÉMERGER D'UN CODE À 4 LETTRES : L'ADN

Le **phénotype** c'est ce que l'on voit d'un être vivant, le **génotype** c'est le plan de fabrication d'un être vivant : mais comment tout cela fonctionne-t-il ?

## QU'EST-CE QUE LE PHENOTYPE ?

Le **phénotype** se définit comme l'ensemble des traits observables d'un individu. De ce fait, le phénotype peut être observé à différents niveaux d'organisation des êtres vivants.

Le **phénotype macroscopique** est l'ensemble des traits apparents d'un individu.

Le **phénotype macroscopique** est induit en partie par le **phénotype cellulaire** : on observe ici les cellules d'un individu.

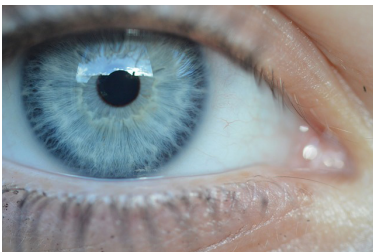
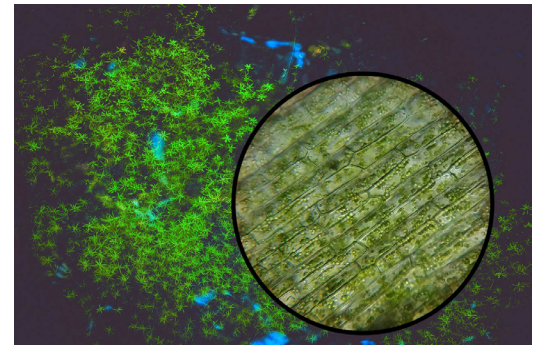


Figure 1 : la couleur des yeux, la longueur du nez, la couleur de poil du chat, le nombre de pattes d'un mille-pattes, la taille des ongles, le nombre de grains sur un épi... sont des exemples de phénotypes macroscopiques.

Image libre de droit : pixabay\_shanon

Figure 2: Le taux de chlorophylle dans une cellule végétale qui traduit la capacité de la plante à valoriser la lumière en énergie et produire plus de biomasse ou la taille des cellules adipeuses (le gras !) de tonton René, qui aime bien faire des barbecues avec les copains, sont des exemples de phénotypes cellulaires ayant une incidence sur le phénotype macroscopique.

Image libre de droit : pixabay\_couleur\_vierschilling



Le phénotype peut s'observer à une échelle encore plus petite : le **phénotype moléculaire**, soit la nature ou structure des molécules.

Le changement de forme de la molécule d'hémoglobine qui caractérise la maladie génétique de la drépanocytose ou la nature des tanins dans un cabernet franc sont des exemples de phénotypes moléculaires.

Il existe aussi le concept de **phénotype étendu**, imaginé par Richard Dawkins, selon lequel le phénotype ne doit pas être limité au résultat de l'expression des gènes par les processus biologiques tels que la synthèse des protéines ou la croissance des tissus, mais bien étendu à toutes les manifestations qui en découlent, y compris celles qui passent par l'activité du système nerveux central et plus généralement par le comportement de l'animal dans son environnement. Pour faire simple, c'est tout ce qu'une bestiole fabrique dans un environnement donné.



Figure 3: La forme d'une toile d'araignée ou celle d'un nid d'oiseau (très différente d'une espèce à une autre !) sont des exemples de phénotype étendu. Le phénotype étendu n'est pas appliqué aux plantes (sauf dans le Seigneur des Anneaux avec les Ents ou dans Harry Potter avec le Saul Cogneur ou encore dans La Petite Boutique des Horreurs avec la plante exotique qui chante du Funk!).

Image libre de droit : pixabay\_ulleo

Enfin, Whitham et al. (2003) définissent le principe de phénotype communautaire comme l'impact du génotype d'une seule espèce ou individu sur une communauté<sup>[1]</sup>. Autrement dit, c'est la structure d'une communauté vivante permise par la création de conditions environnementales locales (ou micro-locales) stables autour d'un individu. Cela peut-être toute la faune et flore se développant sur un vieux chêne, le cortège bactérien d'un système digestif ou bien le microbiote vivant en interaction avec les racines d'une plante cultivée.

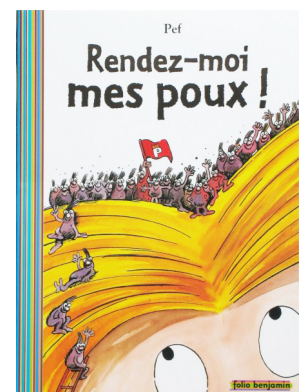


Figure 4: Le phénotype communautaire c'est aussi les pathogènes et parasites installés durablement.

Image ble-en-herbe.com

## QU'EST-CE QUE LE GENOTYPE ?

Le **génotype** est l'information portée par le génome d'un organisme. C'est le **plan de fabrication d'un être vivant**. Cette information est codée dans l'**ADN** (acide désoxyribonucléique) qui est une très grosse molécule avec une structure en double hélice. Chez la plupart des organismes vivants, l'ADN est (en partie) **stocké dans le noyau de chaque cellule** de l'organisme et est, à une mutation près, exactement le même d'une cellule à l'autre.

L'ADN est composé de deux grands rails appelés « colonnes sucre-phosphate », sur ces rails sont accrochées des traverses que l'on nomme « **base azotée** » ou « base nucléique » : les bases azotées fonctionnent par paires face à face. Il y a quatre types de bases : la **guanine** (G), la **thymine** (T), la **cytosine** (C) et l'**adénine** (A). Le G est toujours en face du C et le A est toujours en face du T.

Ces rails sont tordus ce qui donne la forme de double hélice à l'ADN, puis l'ADN est enroulé en plein de petites pelotes nommées histones qui sont enroulées puis encore enroulées pour ne former à la fin qu'un gros sac de nœud allongé que l'on appelle chromatide. Le **chromosome** est composé de deux **chromatides** exactement identiques qui sont reliées en leur milieu : d'où la forme en « X » du chromosome. Les chromosomes vont souvent par paire (organismes **diploïdes**), un chromosome hérité du père et un chromosome hérité de la mère.

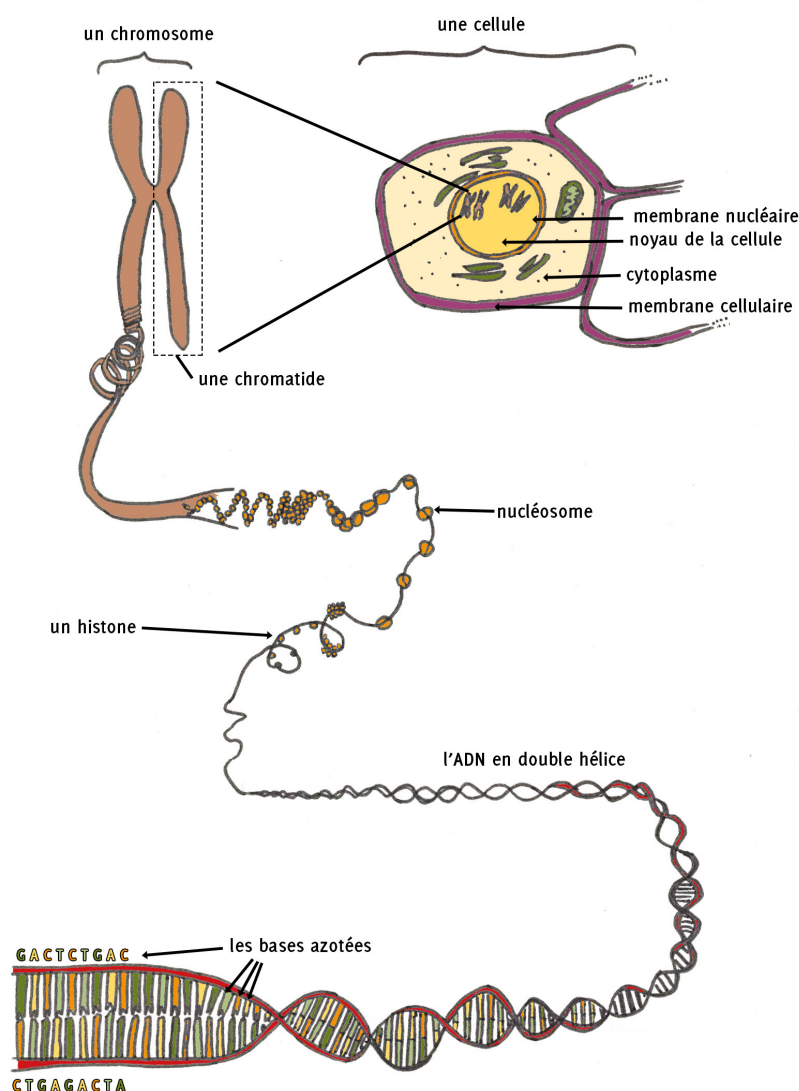
**Chaque espèce a un nombre fixe de chromosomes** : par exemple l'homme possède 23 paires, le maïs en possède 10 paires.

Dans la nature comme dans la grammaire française, il y a toujours des exceptions. Par exemple le blé tendre n'est pas diploïde (2 exemplaires par chromosome) mais hexaploïde, c'est-à-dire qu'il possède 6 exemplaires de chaque chromosome ! Et le blé dur est quant à lui tétraploïde : il possède donc 4 exemplaires de chaque chromosome dans le noyau de ses cellules.

En bref : le génotype est un code composé des quatre caractères C, G, A et T contenu dans les chromosomes de la même manière qu'un code informatique est composé de 0 et de 1. Ce code est le « plan de fabrication » de l'individu.

Un **gène** est une fraction du code défini arbitrairement : ACCTGCCGTAACCCTATAGACATCATCTAGGACTAGCACATAGCAGATAGCATAGACAGGAGATCCAGATCAGATCATCACTACATCATGGTACATGGCCTCGGTACTGGAGACATTGCATAGCATGAGAGGAGATCCATGAGTA est par exemple un tout petit gène.

Figure 5 : Représentation schématique des différents niveaux d'enroulements et d'organisation de l'ADN dans le noyau de la cellule



# COMMENT LE GENOTYPE CONTENU DANS UN SEUL NOYAU PEUT-IL ENGENDRER UN ORGANISME VIVANT COMPLEXE ?

L'existence des êtres vivants sexués débute avec la fusion du **gamète mâle** (spermatozoïde) avec le **gamète femelle** (ovule), c'est la **fécondation**. Cette cellule est appelée le zygote et elle contient bien au chaud dans son noyau de quoi fabriquer une grenouille ou une vache ou un géranium ou Francis Lalanne.

Pour comprendre comment une succession de C, T, G et A devient une mouche ou un chêne vert, il est nécessaire de saisir l'importance des **protéines** dans les processus de la vie. La vie c'est de l'amour, de l'eau fraîche et des prot' ! Les protéines sont les ouvrières du vivant : elles transportent, découpent ou recollent des molécules ; le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote sont les matériaux de base que les protéines re-agencent à volonté pour répondre à toutes les fonctions que le corps doit assurer. L'hémoglobine, le gluten, les anticorps, les hormones (insuline, testostérone...), l'actine (permet la contraction des muscles), les enzymes (impliquées notamment dans la digestion), le cartilage, la kératine, le collagène... sont tous des protéines.

Les protéines sont des macromolécules composées d'**acides aminés** accrochés en chaîne. Il y a 22 acides aminés différents : ce sont des petites molécules composées de carbone, d'azote, d'oxygène et d'hydrogène. Par des mécanismes d'affinités électromagnétiques, c'est l'ordre dans lequel sont agencés les acides aminés et la nature de ces acides aminés qui vont déterminer la forme finale de la protéine et sa fonction. Les acides aminés sont un peu comme les perles d'un grand collier.

une protéine c'est une longue chaîne de petits éléments chimiques appelés «acides aminés» : il y a 20 acides aminés différents

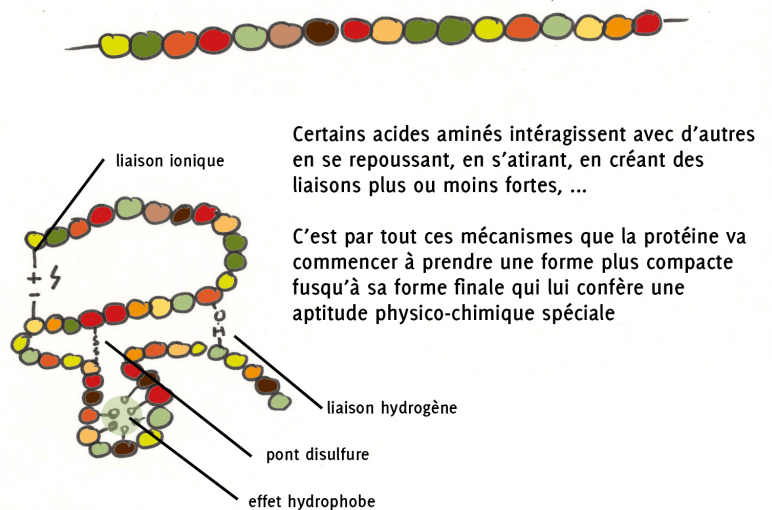
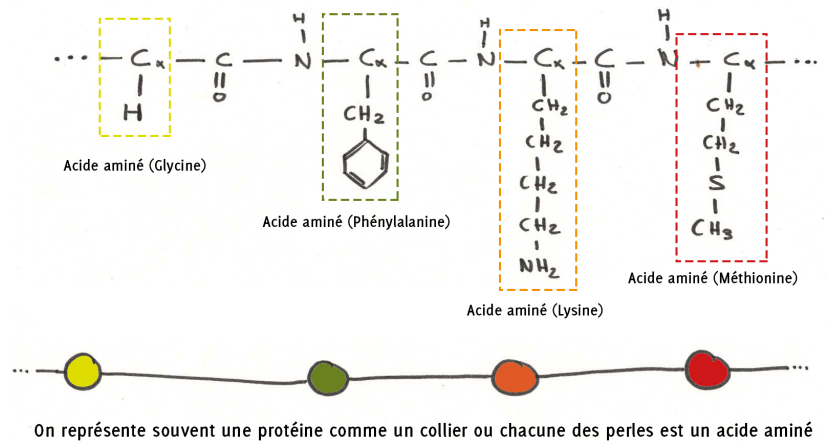


Figure 6 : Représentation schématique de la structure d'une protéine

## DES GENES AUX PROTEINES

La biosynthèse des protéines est réalisée au sein du cytoplasme des cellules mais l'information génétique qui sert à la fabrication des protéines (portée par le gène) est contenue dans le noyau. De plus, la paroi du noyau, appelée enveloppe nucléaire, est très peu perméable et elle ne laisse passer que quelques éléments chimiques : seuls deux éléments sont autorisés à traverser l'enveloppe nucléaire : les **ARN messagers** et les **nucléotides** qui servent à la synthèse des ARN messagers.

L'ADN contenu dans le noyau est sous une forme diffuse appelée **chromatine**. Il y a deux types de chromatine : l'**hétérochromatine** qui est une forme compacte de l'ADN et l'**euchromatine** qui est la forme la moins compacte. L'euchromatine est la portion « lisible » du gène : les ARN messagers, comme plein de petits scribes, vont venir copier le code qui leur est accessible : il s'agit de la transcription.

L'ARN lie l'ADN en « miroir » : le C devient G, le G devient C, le T devient A et comme l'ARN ne sait pas écrire le T, le A devient U. Ainsi si l'ADN fait : ACC TGT CAC CTA GAT, l'ARN « écrit » : UGG ACA GUG GAU CUA.

Après quelques opérations biochimiques de maturation de l'ARN messager, celui-ci sort du noyau et va s'associer avec les **ribosomes**, qui sont les centrales à fabrication de protéine. Le ribosome lit l'information que lui a apporté l'ARN, rameute des acides aminés et commence la fabrication de la protéine : c'est la **traduction**. Le ribosome lit l'ARN par séquence de trois bases nucléiques (ou trois caractères) que l'on nomme « codon » et il associe à chaque codon un acide aminé. Des codons différents codent souvent pour le même acide aminé : par exemple : UUU et UUC codent pour la Phénylalanine, AAA et AAG pour la lysine, etc. Certaines séquences particulières indiquent la fin de la traduction et après une petite séance de lustrage dans d'autres parties de la cellule : la protéine est fin prête pour accomplir sa destinée !

## LA SPECIALISATION DES CELLULES

Nous avons vu que l'information génétique portée par l'ADN du noyau était la même dans toutes les cellules de l'organisme, pourtant chaque cellule ne synthétise pas du tout les mêmes protéines car **les cellules sont « spécialisées »**. Le secret de cette spécialisation réside dans les portions de l'ADN accessibles à l'ARN messenger (l'euchromatine) : le reste du gène est cadencé et inaccessible (l'hétérochromatine), ainsi, seule une partie du plan de fabrication est transcrit et traduit (la spécialisation des cellules c'est comme la spécialisation des postes sur une chaîne de fabrication industrielle : chaque ouvrier dispose uniquement de la partie du plan qui correspond aux pièces qu'il doit usiner). **Les cellules souches** ou les cellules totipotentes sont capables de cadencé et d'écadencé le gène en fonction des besoins de l'organisme : c'est grâce à cette faculté qu'un rameau végétal peut développer des racines et redonner une nouvelle plante.

## DE LA PROTEINE AU PHENOTYPE

Les protéines remplissent des rôles très divers dans l'organisme et **ce sont les différentes activités des protéines qui aboutissent au phénotype**. Par exemple : des protéines spécifiques sont impliquées dans la fabrication du pigment de la mélanine responsable de la couleur de la peau ou la couleur des poils chez les humains ou les animaux : c'est un trait de l'individu directement visible qui relève donc du **phénotype macroscopique** défini en début d'article. L'observation de l'activité des protéines peut-être plus indirecte : comme les réponses à l'activité hormonale (régulation du taux de sucre dans le sang par la protéine d'insuline).

## L'INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT

Le phénotype n'est pas uniquement la conséquence de l'expression des gènes mais est aussi induit par **l'environnement**. L'environnement peut agir sur le phénotype indépendamment des gènes : si vous arrachez les pattes d'une araignée, le trait phénotypique « nombre de pattes » va passer de 8 à 0 si vous êtes très cruel. **Mais la plupart du temps l'environnement influence le phénotype en interaction avec le gène** : si vous vous exposez longtemps au soleil, certains récepteurs sensoriels de la peau vont envoyer une information à divers composants des cellules cutanées pour que la synthèse de la mélanine soit accentuée pour ainsi mieux protéger le corps des UV : c'est le bronzage. Tout un tas de facteurs font varier la capacité de réponse des cellules à ce stimulus et certains de ces facteurs sont génétiques. De manière similaire, la biomasse produite par une plante va dépendre de la quantité d'azote disponible (facteur environnemental) mais aussi de la capacité de la plante à valoriser cet azote (facteur génétique).

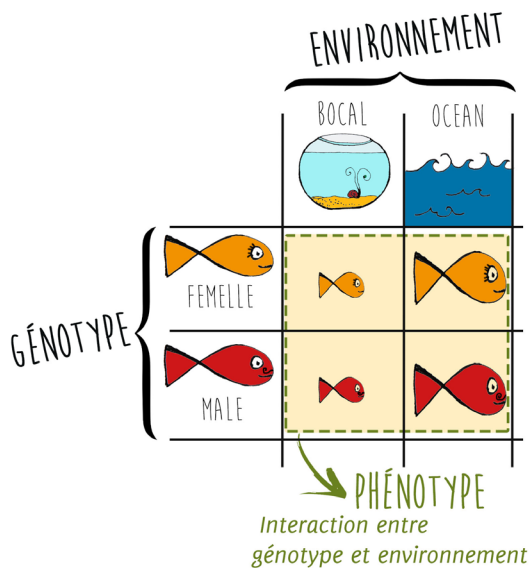


Figure 7 : Le sexe est une caractéristique déterminée par les gènes. Imaginons alors sur une espèce de poisson que toutes les femelles sont oranges et tous les mâles sont rouges. La taille du poisson dépend de son environnement, il restera petit dans un bocal et sera plus gros dans l'océan. Ainsi le phénotype (ce qu'on voit) est à la fois défini par l'environnement et à la fois par le génôme du poisson.

### CE QU'IL FAUT RETENIR

- Le génotype est l'information portée par l'ADN dans le noyau des cellules.
- L'ADN est agencé sous la forme de chromosomes, chaque chromosome contient deux chromatides identiques. Il y a deux versions pour chaque type de chromosome : une version maternelle et une version paternelle.
- Seule une portion de l'ADN est lisible, cette information code pour la fabrication de protéines.
- Les protéines jouent un rôle primordial dans l'organisme : elles sont à l'origine du phénotype.
- Le phénotype est tout ce que l'on peut observer d'un individu, cette observation peut se faire à différentes échelles.
- Le phénotype est le résultat de l'interaction entre le génotype et l'environnement.