

10. Quelques découvertes des capacités du vivant, suivies d'applications scientifiques qui en découlent.

- Les biologistes ont découvert le secret de la métamorphose de la chenille.



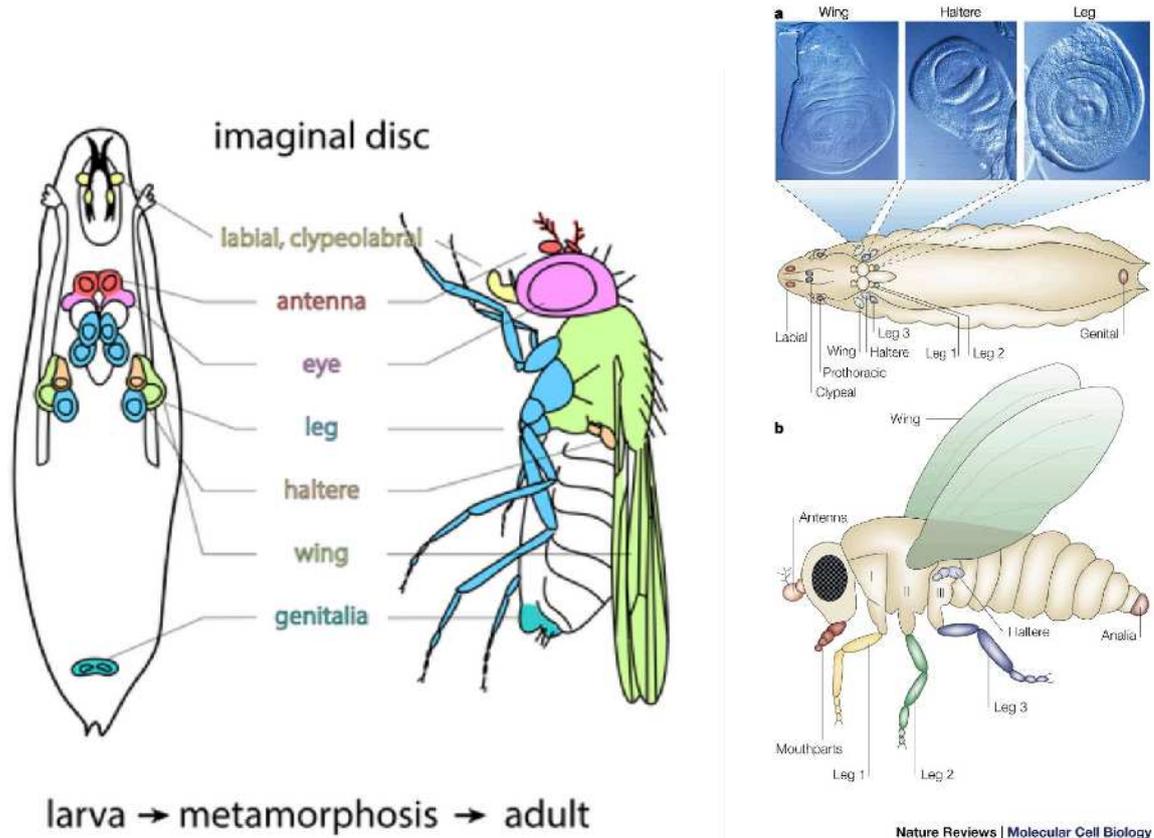
De cette métamorphose naît, bien sûr, un beau papillon !



Mais comment ce cheminement se fait-il ?

Sous l'épiderme de la chenille, se trouvent de petits sacs : les **disques imaginaux** où se nichent des **cellules appelées cellules imaginatives**.

Disques imaginaux :



Chaque disque contient tous les attributs nécessaires à la construction d'une partie précise du futur corps : les disques deviendront les antennes ou les yeux, les pattes, les ailes, les parties génitales...

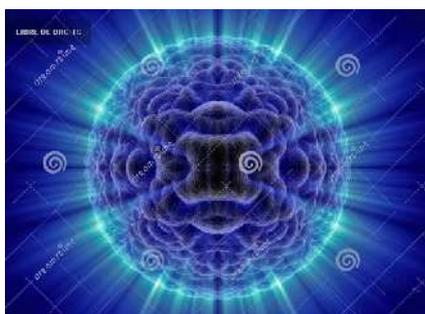
On peut remarquer que c'est le même principe de **disques** dans la formation des mammifères, déjà vu en morphogénèse, ainsi que chez les végétaux.

Mais chez les insectes holométaboles, c'est-à-dire ceux qui subissent des mues complètes, à partir de formes larvaires qui sont totalement différentes des formes adultes, il y a donc une étape supplémentaire : le changement d'aspect total entre le 1^{er} stade et l'âge adulte.

Le stade imaginal désigne donc le stade final d'un individu dont le développement se déroule en plusieurs phases, comme chez les papillons ou les grenouilles ou les coccinelles.

Pourquoi ce stade intermédiaire qui complique la création de ces insectes ? Sachant que, dans la nature, tout a une raison d'être ?

Les disques imaginaux sont donc des structures à partir desquelles les différentes parties de l'insecte adulte sont formées dans la nymphe. Ces cellules imaginatives sont disséminées dans les tissus larvaires et constituent de petites ébauches individualisées de différents disques imaginaux, créées à partir d'un premier insecte, la larve.



Cellule imaginative

Les cellules imaginatives sont si différentes des autres cellules de la chenille que le système immunitaire de cette dernière les prend pour des ennemis et tente de les détruire. Mais de nouvelles cellules imaginatives continuent d'apparaître, et de plus en plus... Les disques imaginaires vont ainsi grossir au fil des mues larvaires.



Jusqu'à ce que la mue nymphale transforme la chenille en chrysalide, dernière étape avant le papillon.



C'est à ce stade que tous les changements s'opèrent. Dans son cocon, la chrysalide vit un chamboulement complet : soudain, le système immunitaire de la chenille ne peut plus détruire les cellules imaginatives assez vite et elles deviennent plus fortes en se connectant les unes aux autres pour former une masse critique qui reconnaît leur mission de réaliser l'incroyable naissance d'un papillon. Les cellules de la chenille (cœur, tube digestif...) sont détruites et fragmentées en éléments primordiaux (acides gras, aminés...) qui seront réutilisés pour fabriquer les tissus du papillon.

Les cellules de ses **disques** imaginaires se différencient pour donner naissance aux organes du futur papillon selon le même principe que chez les mammifères (déjà vu dans le paragraphe sur la morphogénèse avec le fœtus de la poule).

Ces disques résonneraient chacun sur des fréquences différentes, vibrant plus fort ou moins fort pour créer les divers organes, comme en morphologie animale.

La chenille « sphinx tête de mort » ...



... se transforme en papillon :



Pour ma part, ce motif ressemble davantage à un bébé ou à un petit E.T. très mignon, qu'à une tête de mort.

Observer toutes ces métamorphoses hypnotise !

Les multiples transformations de cet insecte remettent les choses en perspective. Tant de métamorphoses différentes, d'efforts accomplis par ce petit être courageux, pour un si court temps de vie, inspirent le respect et leur protection.

On estime qu'il existe environ 150 000 espèces de papillons. Chaque espèce a une durée de vie différente, mais qui n'est jamais très longue. Certains ne vivent ainsi que quelques jours, voire quelques heures. Les papillons de petite taille sont ceux qui vivent le moins longtemps.

En tout cas, ce système de conception n'est pas des plus efficaces !

A l'époque des insectes, il semble que la nature tâtonnait encore dans ses modes de création de la vie les plus adéquates ! Elle s'est bien améliorée, plus tard, avec les mammifères.

Les courtes vidéos qui suivent illustrent tout le cycle.

Chacune d'entre elles met l'accent sur l'un ou l'autre aspect. Voir ces transformations me semble, à chaque fois, magique. De petits miracles se déroulent sous nos yeux !

Aussi, n'ai-je pu m'empêcher d'en mettre plusieurs :

https://www.youtube.com/watch?v=QLm3_EwKq8M

Comment les chenilles se transforment-elles en papillons ? (1,50 minutes)

ou

<https://www.youtube.com/watch?v=sXTMw4Mcxtk&t=182s>

Cycles du papillon machaon en accéléré (3 minutes)

ou

<https://www.youtube.com/watch?v=qzzzfAxn8aA>

Cycle de vie d'un papillon (4,11 minutes)

ou

https://www.youtube.com/watch?v=THD6nzasM_8

Les cycles de la coccinelle (2,18 minutes)

- Des chercheurs japonais ont découvert que certaines espèces de limaces de mer sont capables de s'auto-décapiter, en abandonnant cœur, organes reproducteurs et système digestif. Malgré l'absence de ces derniers, les limaces, souvent les plus jeunes, commencent à consommer des algues.

Ce qui est incroyable est que les **limaces peuvent régénérer un corps entier à partir de leur tête**, en trois semaines. Elles sont donc capables de survivre plusieurs jours sans cœur, en attendant que le corps se reforme !



Plus surprenant encore, la plaie au niveau de leur cou cicatrise en quelques heures, et en moins d'une semaine, un nouveau cœur est régénéré.

En 20 jours, les limaces se dotent d'un corps flambant neuf, organes internes compris. L'une des limaces a même enclenché ce processus à deux reprises !

Les corps sans tête, eux, sont capables de se déplacer et de réagir à des stimulus nerveux.

Néanmoins, aucune tête ne s'est reformée sur les corps abandonnés. Durant une période variant d'une poignée de jours à plusieurs mois, les corps se sont progressivement recroquevillés et décomposés. Mais même aux premiers stades de la décomposition, les chercheurs ont pu observer que le cœur abandonné battait encore...

Les scientifiques se sont demandés ce qui pouvait pousser les limaces à un acte si radical.

Ils ont relevé que l'ensemble des limaces du groupe étaient parasitées par de petits crustacés, que l'on appelle des copépodes.

Cette autotomie, mutilation « réflexe » d'une partie du corps, pourrait également être un moyen de s'extraire quand une limace est emmêlée dans des algues.

Une question subsiste : comment les têtes de limaces sont-elles parvenues à survivre plusieurs jours sans cœur ? La réponse vient peut-être d'un phénomène qui permet à certains organismes d'obtenir de l'énergie par photosynthèse.

En effet, en consommant des algues, les limaces intègreraient à leur organisme les chloroplastes, des organites capables de capter la lumière à l'origine de la photosynthèse. Les glandes digestives des limaces pourraient être réparties sur l'ensemble de leur corps, tête comprise : "Après s'être nourries d'algues, la tête des limaces devient verte à cause des chloroplastes". Ce mécanisme pourrait fournir aux limaces suffisamment d'énergie pour survivre et régénérer leur corps.

Cette mutilation d'une partie du corps existent aussi chez certains animaux (crustacés, lézards, amphibiens).

- Une bienveillance de la nature : l'endomorphine

Cette substance produite par certaines cellules du système nerveux central a des propriétés analgésiques semblables à celles de la morphine. Cette molécule appartient à la famille des opioïdes endogènes, produite naturellement par l'organisme. Plus spécifiquement par l'hypothalamus, une région du cerveau impliquée dans la régulation de nombreuses fonctions corporelles. L'endomorphine est capable de se fixer sur des récepteurs spécifiques.

Son action principale consiste en l'inhibition de la douleur, grâce à la modulation de signaux transmis par les nerfs. De plus, elle participe à la régulation de certaines émotions et comportements, comme le plaisir et la récompense.

En somme, l'endomorphine est une hormone-clé dans la gestion de la douleur et dans l'équilibre émotionnel de l'individu.

Tout être vivant souffrira, presque avec certitude, physiquement et émotionnellement, durant sa vie. Aussi la nature l'a-t-elle doté de cette hormone qui l'aidera à passer ces caps, quand ils deviennent insupportables...

- Une autre bienveillance de la nature : la diapause embryonnaire

Bien qu'ils soient plus primitifs que les mammifères, les insectes et les plantes ont, eux aussi, une stratégie pour échapper aux conditions climatiques défavorables. C'est ce qu'on appelle la diapause. C'est une phase de vie ralentie, similaire à l'hibernation chez les mammifères.



Papillons-monarques en diapause



Fourmis en diapause

Les mammifères ont développé une fourrure ou des structures corporelles qui leur permettent de résister aux hivers froids ou aux étés chauds mais certains disposent aussi d'un autre phénomène : la diapause **embryonnaire**.

La diapause embryonnaire est l'arrêt temporaire du développement embryonnaire, une période d'arrêt du développement des embryons, au stade blastocyste.

Comme les humains, certains mammifères peuvent vouloir des enfants, mais pas tout de suite. Eux aussi peuvent ne pas être prêts, notamment à cause de leurs conditions de vie et de leur environnement peu propices à la survie de leur future progéniture.

Avant de les mettre au monde, les femelles s'assurent donc, en bonne mère, que les conditions dans lesquelles elle les intégrera leur seront favorables. Ce phénomène fascinant existe chez plus de 130 espèces de mammifères.

Toutes ces espèces peuvent mettre sur pause leur gestation en attendant de meilleures conditions. La diapause n'intervient pas au même moment selon l'espèce, ni même en fonction de la position géographique. L'une des principales fonctions de la diapause est de contrôler le moment de la naissance, **indépendamment du moment de l'accouplement et de la durée de la grossesse**. Ces femelles préfèrent attendre des conditions favorables avant de mettre au monde des petits. Pour cela, elles plongent leur **embryon dans une phase de dormance**, avant qu'il puisse s'implanter dans l'utérus.

La diapause est non seulement induite chez un organisme par des stimuli ou des conditions spécifiques, mais une fois qu'il est lancé, certains autres stimuli doivent être capables d'amener l'organisme à sortir de cet état, plus tard. Cette dernière caractéristique est essentielle pour distinguer la diapause comme un phénomène différent des autres formes de dormance comme l'hibernation.

Pour cela, la réactivation et la poursuite réussies de la grossesse nécessitent alors un embryon viable, un utérus réceptif et une communication moléculaire efficace entre les deux, pour qu'il n'y ait pas d'effets néfastes, lors de la poursuite de la grossesse.

Elle est une réponse adaptative aux mauvaises conditions environnementales : températures extrêmes, lumière, humidité, sécheresse, disponibilité réduite de nourriture...

Une immense diversité d'insectes ainsi que de nombreux mammifères comme les phoques, les loutres, les ours bruns, polaires et noirs, les tatous, le panda géant, les paresseux, les cerfs, les souris, les rats, et beaucoup de marsupiaux dont certains kangourous, le quokka et les wallabys, entre autres, parviennent à juger des chances de survie de leur future descendance, en considérant la qualité de plusieurs paramètres.

Ceux-ci varient en fonction des saisons ou de l'accessibilité à la nourriture, mais d'autres sont propres aussi à la femelle, comme ses réserves de graisse, d'énergie, de nutriments et même la présence d'une précédente progéniture non encore sevrée. L'initiation de la gestation dépend donc des conditions qui, avant d'être réunies, contraignent la femelle à endurer une période de diapause, durant laquelle l'implantation de l'embryon dans la paroi de l'utérus est retardée en attendant le bon moment. **L'embryon, dans l'impossibilité de s'implanter dans l'utérus de la mère, entre dans une phase de dormance.**

Les ours, par exemple, se reproduisent à la fin du printemps ou au début de l'été. Elles chassent alors avec voracité pour se nourrir, et ne permettront à leur(s) embryon(s) de s'implanter qu'une fois qu'elles auront accumulé suffisamment de graisse corporelle et de poids, un processus qui peut prendre des mois.

Les loutres sont aussi l'un des mammifères capables de le faire :



De même que le quokka :



Les tatous peuvent également retarder le début de la gestation.
De plus, chez l'espèce du genre *Dasyus*, la femelle ne produit qu'un seul œuf qui se scinde pour donner quatre embryons génétiquement identiques. C'est une caractéristique unique chez les Vertébrés.



Bébé tatou :



Lorsque la femelle est fécondée par le mâle, l'ovule fertilisé reste jusqu'à 7 mois dans l'utérus avant de s'accrocher à la paroi utérine et à commencer son développement.

Le record connu d'implantation différée est de 3 ans.

- Une femelle requin a fait des bébés toute seule.

Dans un aquarium en Sardaigne, le monde animal a été la source d'un sacré étonnement avec la naissance d'un bébé requin, sans intervention sexuelle d'un mâle.

Depuis dix ans, deux femelles-requin ont partagé le même bassin et sans mâle, un gamète non fécondé s'est divisé et est devenu un embryon. Le bébé pourrait être, une nouvelle fois, le fruit du rare phénomène de « naissance vierge » ou **parthénogenèse**, observé également quelques années auparavant en Australie, où, en 2016, quatre bébés requins-zèbres naissaient dans l'aquarium de Townsville, en Australie, sous les yeux médusés des soigneurs. Car l'aquarium n'était alors peuplé que de femelles !



Trois ans après avoir été séparée d'un mâle avec qui elle avait passé treize ans, une femelle requin a réussi à concevoir trois bébés toute seule, toutes femelles. Mieux, une d'elles issue de l'union du couple initial, qui cohabitait avec sa mère dans l'aquarium, a aussi donné naissance à son premier petit (également femelle), sans fertilisation masculine et sans avoir jamais connu la reproduction sexuée ! La mère aurait-elle, comme le font certaines femelles chez les insectes, stocké des spermatozoïdes issus de ses précédents accouplements ?

L'analyse génétique a balayé cette hypothèse : aucune trace de chromosomes masculins chez ces bébés requins. Les femelles s'étaient donc nécessairement reproduites toutes seules, par un mode de reproduction appelé parthénogenèse ou « naissance vierge ».

(Est-ce donc ce qui est arrivé à la Vierge Marie ???)

La parthénogenèse est, en effet, un mode de reproduction monoparental, lors duquel une cellule de la mère féconde un ovule dans le but de former un embryon. C'est la division à partir d'un gamète femelle non fécondé, un mode de reproduction indépendant de toute sexualité permettant le développement d'un individu.

La grande majorité des animaux a besoin de s'accoupler pour se reproduire. Mais un petit sous-ensemble d'animaux est capable de se reproduire sans pour autant avoir à s'accoupler. Ce processus permet à certaines créatures, des abeilles domestiques aux serpents à sonnette, d'avoir ce qu'on appelle ces « naissances vierges ». Les exemples connus incluent ce requin zèbre femelle, nommée Léonie, élevée en captivité avec d'autres requins femelles à l'aquarium australien. Quelques années plus tôt, au zoo de Louisville, un python réticulé nommé Thelma - qui n'avait même jamais vu un python mâle - a pondu six œufs dont ont éclos de jeunes serpents en bonne santé. Et en 2006, au zoo de Chester en Angleterre, un dragon de Komodo, nommé Flora, a réalisé un exploit similaire, déroutant les gardiens.

De même pour un crocodile femelle isolée depuis 16 ans qui a pondu des œufs. Les naissances vierges ont donc déjà été observées chez des oiseaux, des requins, des lézards ou encore des serpents mais c'est le tout premier cas de « naissance vierge » chez le crocodile. Des chercheurs de Virginia Tech (États-Unis) racontent qu'ils ont découvert 7 œufs viables, l'un d'eux contenait même un fœtus entièrement formé, sur 14 pondus par une femelle crocodile. Ils sont sûrs qu'il s'agit là d'une « naissance vierge », car l'animal en question vivait isolé des autres depuis 16 ans déjà. Les analyses génétiques ont montré que l'ADN du fœtus était presque identique à celui de la mère. D'où l'idée d'une reproduction qui s'est faite par parthénogenèse facultative. Comprenez, à partir d'un gamète femelle non fécondé.



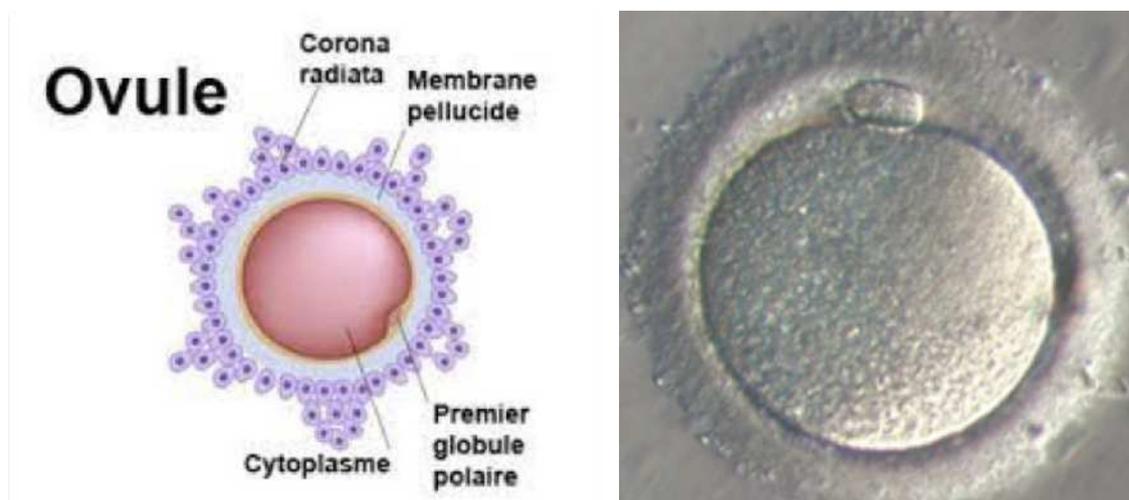
Les chercheurs soulignent que, d'une part, ce type de fécondation pourrait devenir plus fréquent chez les espèces au bord de l'extinction, et que, d'autre part, le fait qu'il ait désormais été observé chez un descendant des dinosaures, les oiseaux, et maintenant chez un crocodile, laisse imaginer une origine évolutive commune.

Comment des femelles se reproduisent-elles sans s'accoupler ?

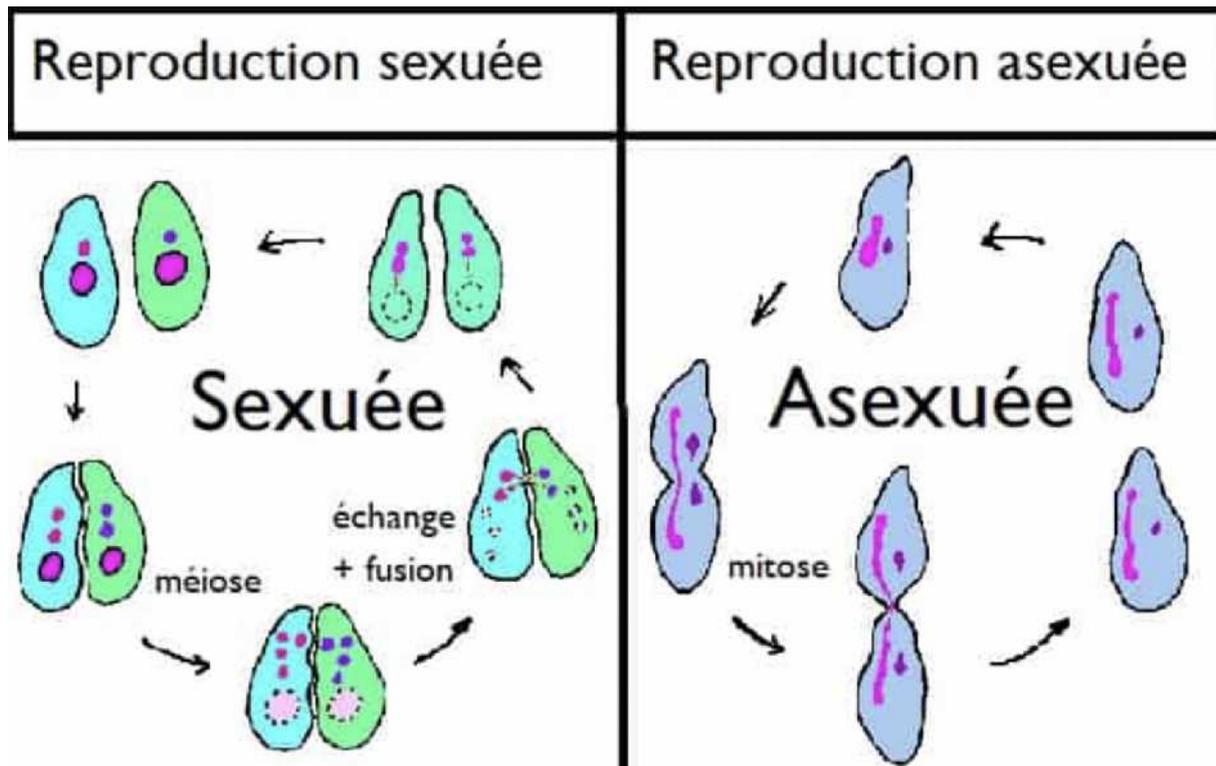
La reproduction sexuée normale implique deux éléments : un ovule et un spermatozoïde. Chacun fournit la moitié des informations génétiques nécessaires pour créer un organisme vivant. Mais, dans le cas de la parthénogenèse, le corps trouve un moyen unique de créer des gènes habituellement fournis par le sperme.

Les ovaires produisent des ovules par un processus complexe appelé méiose, où les cellules se répliquent, se réorganisent et se séparent. Ces œufs ne contiennent que la moitié des chromosomes de la mère, avec une copie de chaque chromosome.

Pour faire très simple, dans l'ovule « vierge » se trouve un globule polaire :



Il y a parthénogénèse lorsque l'ovule fusionne avec **un globule ou corps polaire**.



Dans une version de la parthénogénèse, appelée l'**apomixie**, les cellules reproductrices se répliquent via la mitose, un processus dans lequel la cellule se duplique pour créer deux cellules diploïdes - une sorte de copier-coller génétique.

Mais parce que ces cellules ne subissent jamais le processus de mélange de gènes de la méiose, les descendants produits de cette manière sont des **clones génétiquement identiques de leur mère**. Cette forme de parthénogénèse est plus fréquente chez les plantes.

Mais il y a une autre forme de parthénogénèse, nommée **automixie**, un animal peut fusionner un corps polaire avec un œuf pour produire une progéniture. Ce processus, qui a été documenté chez les requins, mélange légèrement les gènes de la mère pour créer une progéniture similaire à la mère mais **pas de clones exacts**. Pour la plupart des organismes qui se reproduisent de cette dernière manière, la progéniture obtient généralement deux chromosomes X de la mère. Deux chromosomes X (qui déterminent le sexe du juvénile) ne donnent naissance qu'à une progéniture femelle. Mais en de rares occasions, des animaux tels que les pucerons peuvent produire des descendants mâles fertiles qui sont génétiquement identiques à leur mère, à l'exception du deuxième chromosome X. Ces mâles sont généralement fertiles, mais comme ils ne peuvent produire que des spermatozoïdes contenant des chromosomes X, tous leurs descendants seront des femelles.

Cela donne un embryon viable qui n'a qu'un seul parent !

Pendant des millions d'années, les organismes les plus petits et les plus simples se sont reproduits par parthénogénèse. La plupart des animaux qui procréent de cette manière sont de petits invertébrés tels que les abeilles, les guêpes, les fourmis et les pucerons, qui peuvent alterner entre la reproduction sexuée et asexuée.

La parthénogénèse a été aussi observée chez plus de 80 espèces de vertébrés, dont environ la moitié sont des poissons ou des lézards. Il est rare que des vertébrés complexes tels que les requins, les serpents et les grands lézards dépendent de la reproduction asexuée. C'est pourquoi Léonie et les autres exemples cités plus hauts ont initialement déconcerté les scientifiques.

Pour les animaux plus avancés comme les vertébrés, les scientifiques pensent que la capacité de

se reproduire de manière asexuée est apparue comme un ultime effort pour les espèces confrontées à des conditions défavorables. Cela peut expliquer pourquoi la parthénogenèse est possible chez tant d'espèces désertiques et insulaires.

Il est difficile de suivre la fréquence à laquelle la parthénogenèse se produit dans la nature, aussi de nombreuses « premières » de la reproduction asexuée sont observées beaucoup plus facilement chez les animaux élevés en captivité.

Pour les vertébrés, qu'ils soient à l'état sauvage ou en captivité, ces « naissances vierges » sont des événements rares, toujours déclenchés par des conditions inhabituelles.

Aucun mammifère n'est connu pour se reproduire de cette façon car, contrairement aux organismes plus simples, les mammifères dépendent d'un processus appelé empreinte génomique. Comme un timbre moléculaire, les étiquettes imprimées identifient les gènes de la mère et ceux du père. Et pour les mammifères comme les humains, cela signifie que certains gènes sont activés ou désactivés en fonction des parents. S'il n'y avait qu'un seul parent, certains gènes ne s'activeraient pas complètement, rendant impossible une progéniture viable.

Cependant, la parthénogenèse a été induite expérimentalement chez plusieurs mammifères, entre autres, chez des lapins.

Chez certains insectes, salamandres et vers plats, la présence de spermatozoïdes sert uniquement à déclencher la parthénogenèse. Les spermatozoïdes lancent le processus en pénétrant dans l'ovule, mais le sperme dégénère plus tard, ne laissant que les chromosomes maternels. Dans ce cas, le sperme ne fait que déclencher le développement de l'ovule - il n'apporte aucune contribution génétique. La capacité de se reproduire de manière asexuée permet aux animaux de transmettre leurs gènes sans partenaire, et peut donc aider à maintenir une espèce dans des conditions difficiles. Si un dragon de Komodo femelle arrive sur une île inhabitée, par exemple, elle pourrait créer à elle seule une population par parthénogenèse. Cependant, comme chaque individu serait génétiquement identique, les mères dragons de Komodo et leurs filles seraient plus vulnérables aux maladies et aux changements environnementaux qu'un groupe génétiquement varié. Dans certaines régions du Nouveau-Mexique, par exemple, des populations de femelles lézards partagent ainsi des profils génétiques presque identiques. Cette parthénogenèse dénommée « apomixie » est courante chez les plantes ou les bactéries, mais très rare chez les vertébrés, comme nous l'avons dit.

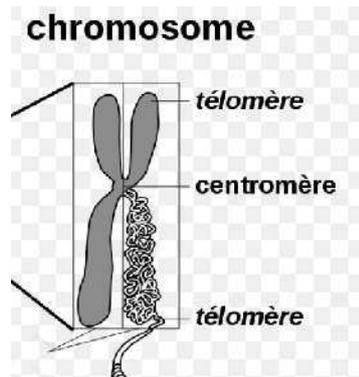
Ces deux fonctionnements présentent un intérêt considérable par rapport à la reproduction sexuée : elles permettent l'expansion rapide d'une population dans le cadre de scénarios extrêmes, sans perte d'énergie, ni dangers dus à la quête d'un partenaire, à l'accouplement et à la production de mâles qui n'enfanteront pas. Son désavantage : la diversité génétique très réduite qui en résulte. Alors que la diversité génétique des individus issus d'une reproduction classique améliore les chances de survie de l'espèce.

- Le chromosome Y pourrait-il disparaître ?

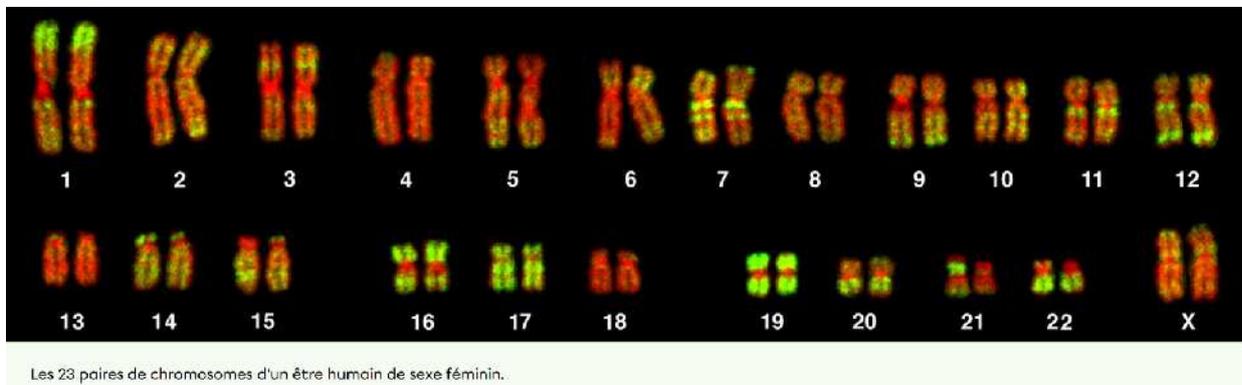


Pour mieux comprendre cette hypothèse, revoyons le fonctionnement de la génétique. Un **chromosome** est formé de deux brins d'ADN reliés par le centre, ce qui donne l'apparence

d'un X. Le nombre de chromosomes est toujours le même pour tous les individus d'une même espèce, mais il peut varier d'une espèce à l'autre.

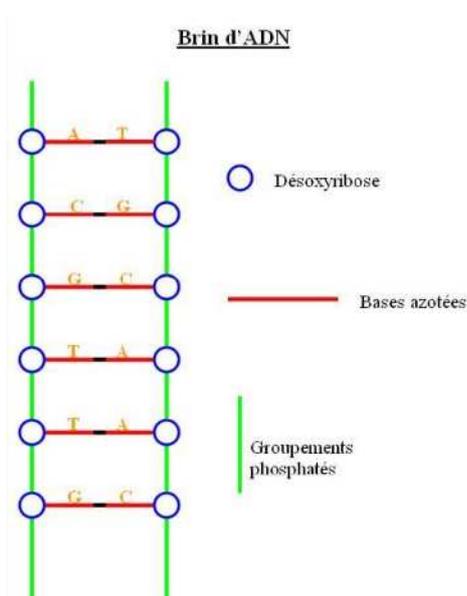


Pendant la division cellulaire, les chromosomes prennent réellement la forme d'une paire de X où chacune des deux branches d'un X se nomme chromatide sœur. Ils sont liés au centre, au niveau du centromère.

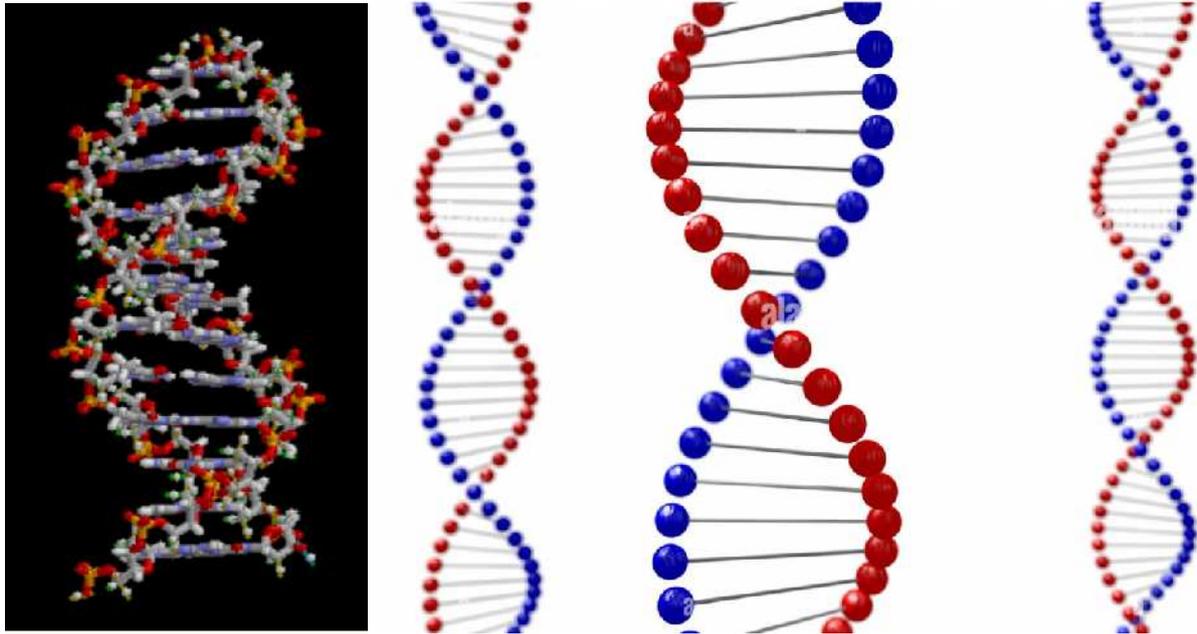


Chez la femme, toutes les paires auront la forme XX, alors que chez l'homme, la 23e paire (les chromosomes dits sexuels) aura la forme XY, où une certaine partie du matériel génétique provenant du père (le Y) permettra la différenciation sexuelle. Il faut noter cependant que toutes les autres paires chez le mâle auront la forme XX.

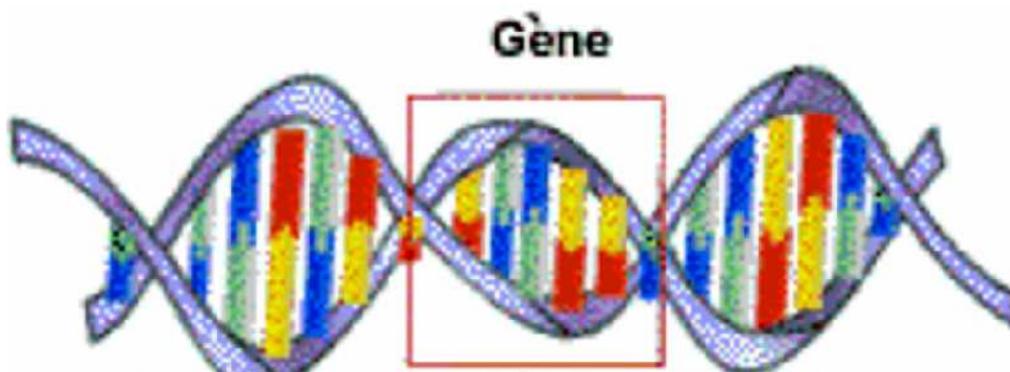
L'ADN contient le code génétique qui renferme toute l'information héréditaire d'un individu. Cette molécule, ayant la forme d'une double hélice, est l'unité de base des gènes. Les deux brins d'ADN sont reliés entre eux par les nucléotides qui forment des paires complémentaires.



Chacun des barreaux de l'échelle est formé d'une paire de bases azotées. Le sucre permet de fixer les barreaux aux deux poutres verticales qui les soutiennent. Cette échelle est en réalité torsadée sur l'axe vertical, ce qui pourrait la faire ressembler plutôt à un escalier en colimaçon, comme sur les modèles ci-dessous.



Un **gène** est un segment d'ADN dans lequel on retrouve une information génétique qui permet la fabrication d'une molécule particulière ou qui détermine un caractère bien précis. Ce gène occupe une position précise dans un chromosome.

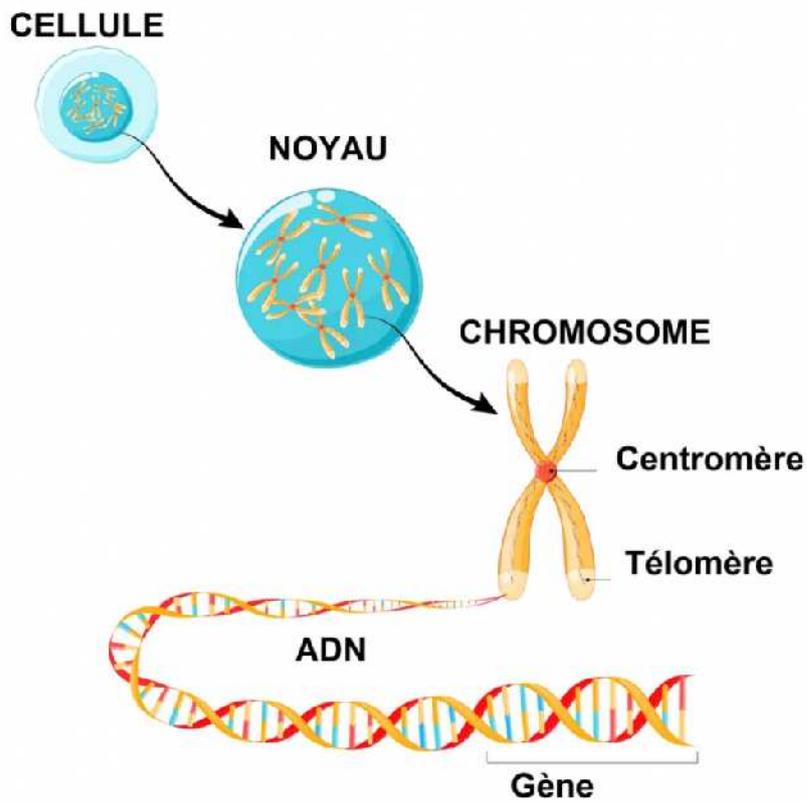


Parfois, un seul gène est responsable d'une caractéristique héréditaire alors que dans d'autres cas, plusieurs gènes sont liés à une même caractéristique. Les gènes ne font pas que déterminer l'apparence physique des individus. Ils ont également un rôle très important dans le fonctionnement des cellules. Par exemple, c'est dans les gènes que l'on retrouve les "recettes" pour l'élaboration des protéines.

Il peut arriver que certains gènes soient défectueux. Dans ce genre de situation, l'individu est bien souvent malade. C'est le cas, entre autres, des gens atteints de la fibrose kystique, de l'épilepsie et de certains cancers qui sont des exemples de maladies génétiques.

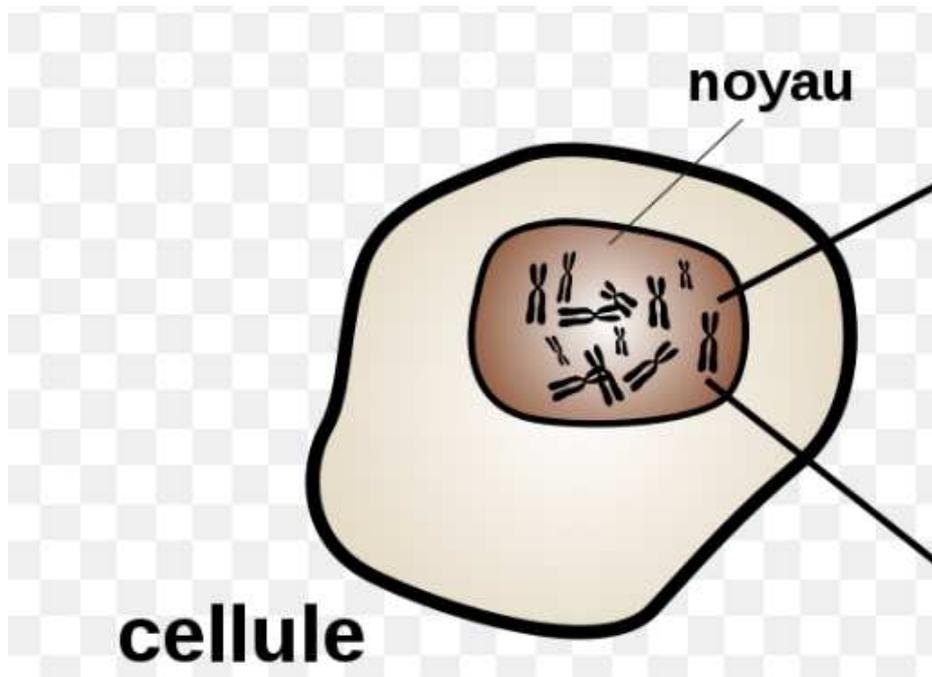
La recherche fait de grands progrès au niveau génétique. Et il paraît fort probable que l'on arrive dans l'avenir à supprimer les maladies génétiques par une intervention sur les gènes.

Résumons, du plus grand au plus petit :



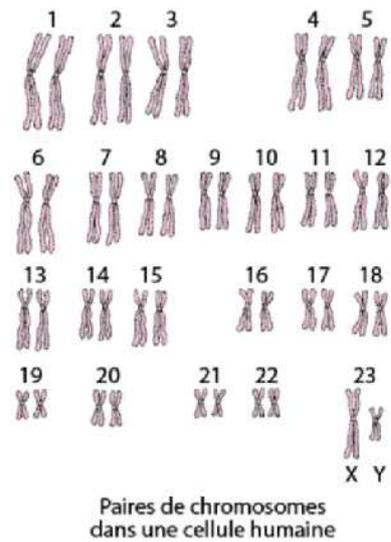
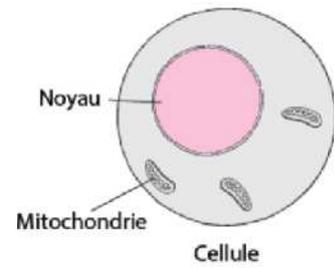
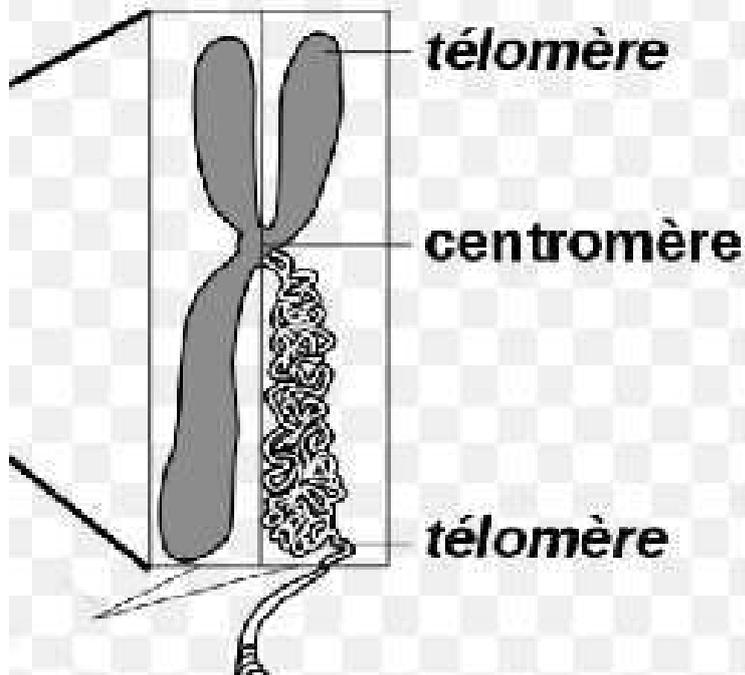
Chaque cellule de **tout organisme vivant** est composée de la même manière :

La cellule contient un noyau :

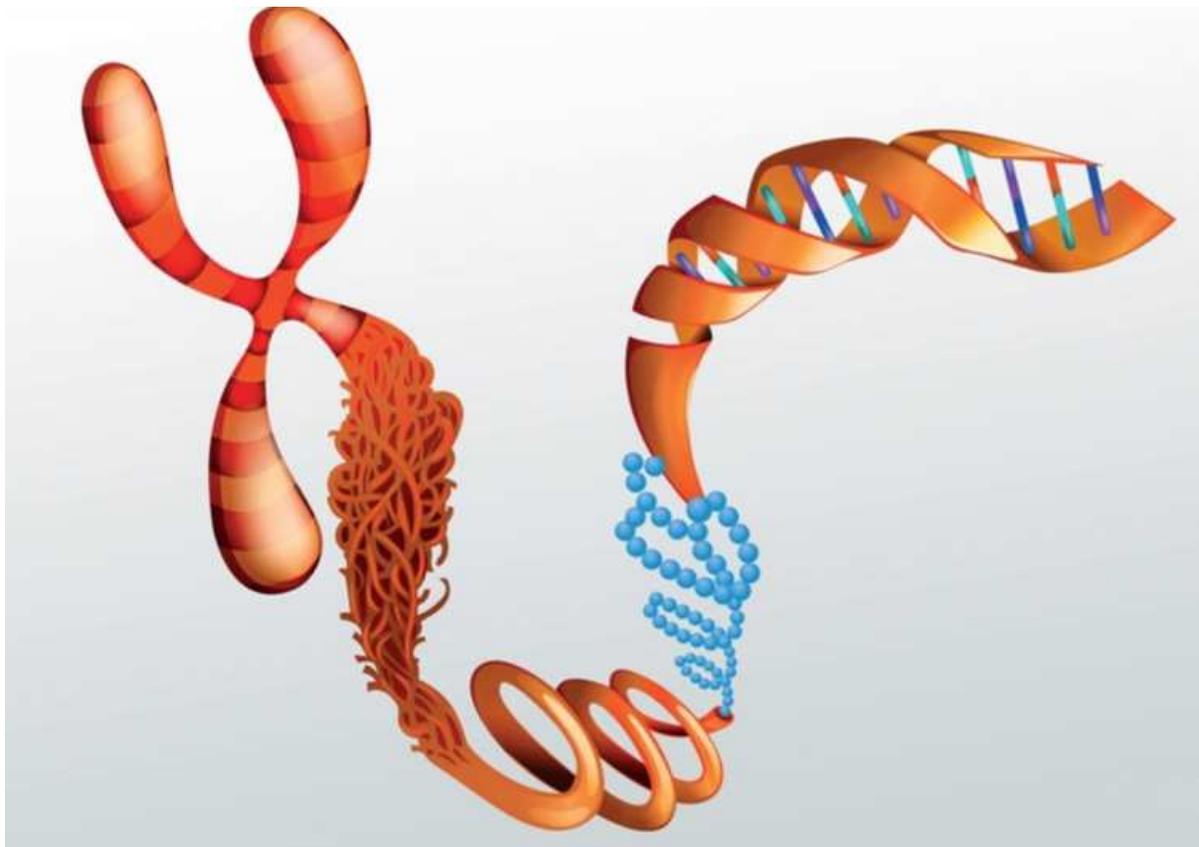


Dans ce noyau, se trouvent les **23 paires de chromosomes** dont est formée chaque cellule d'un être humain.

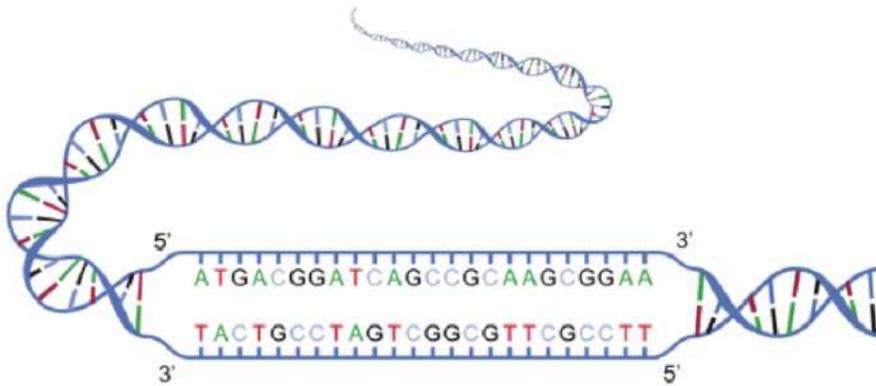
chromosome



Chaque chromosome est constitué de l'ADN sous forme de paires de brins entrelacés.



Fragments de deux brins complémentaires d'ADN :



Et chaque brin est formé de gènes :

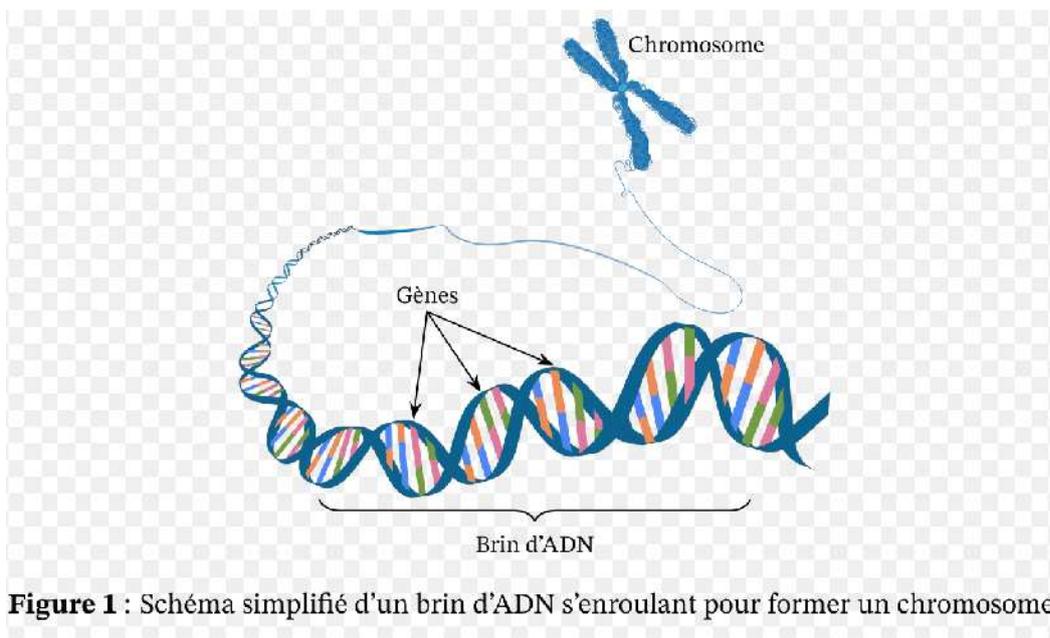
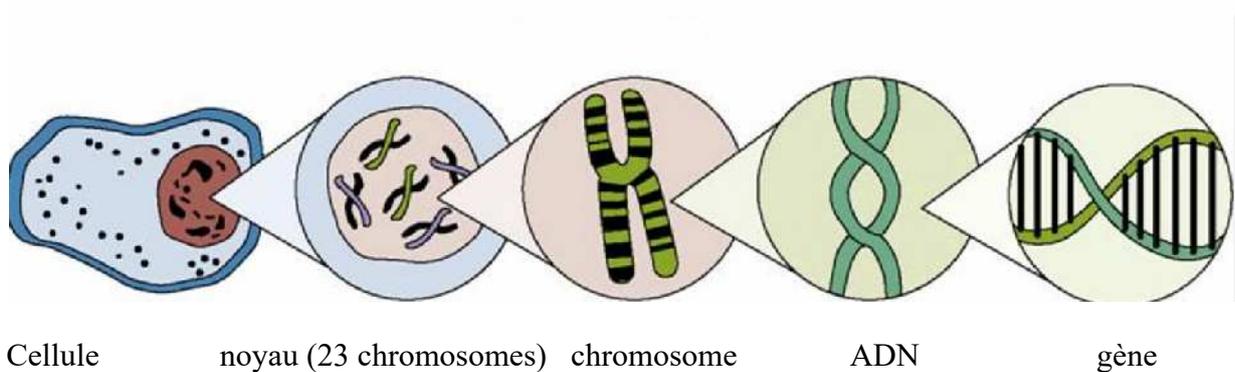


Figure 1 : Schéma simplifié d'un brin d'ADN s'enroulant pour former un chromosome.

Intérieur d'une cellule



Cellule

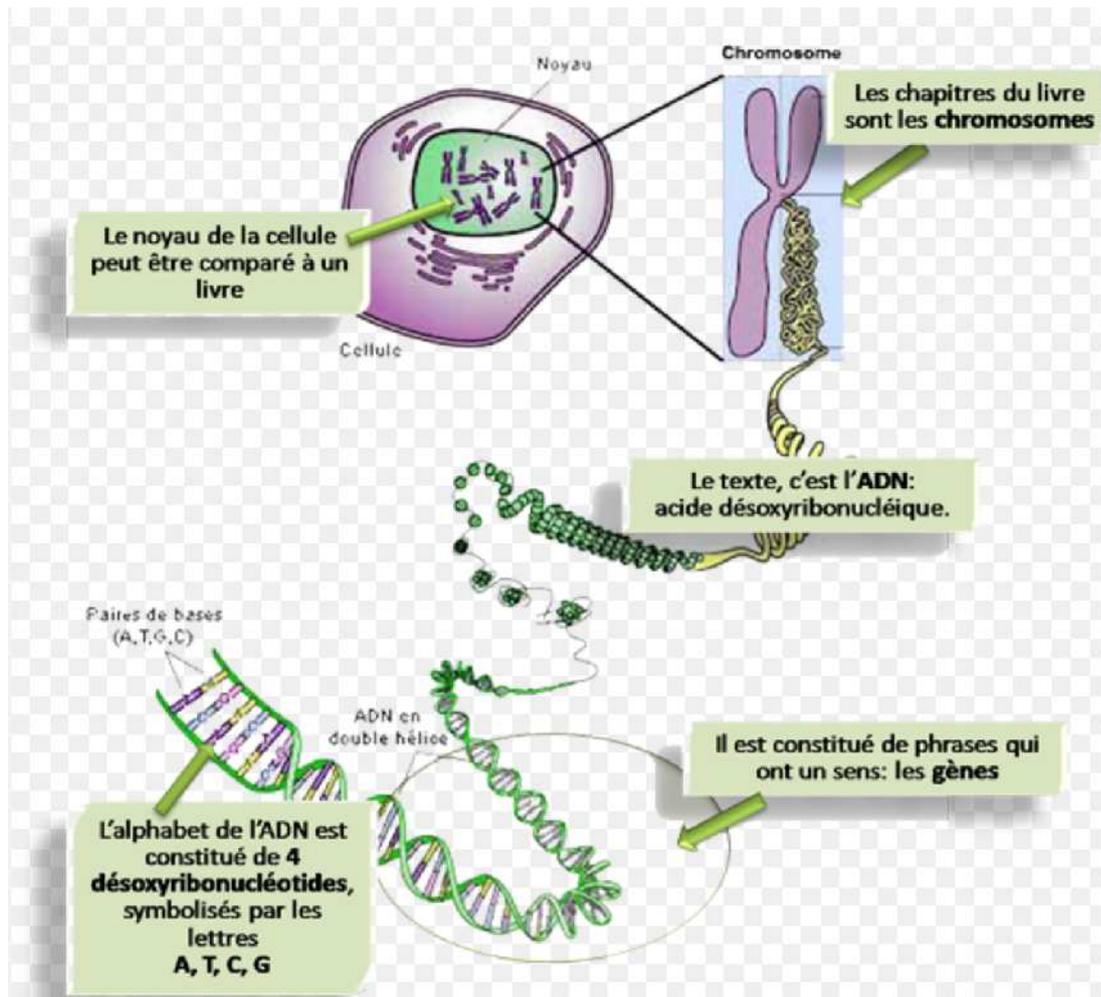
noyau (23 chromosomes)

chromosome

ADN

gène

Le noyau de la cellule pourrait être comparé à un livre...



Venons-en maintenant à cette question essentielle : le chromosome Y qui détermine le sexe masculin d'un fœtus pourrait-il un jour disparaître ?

Ce que l'on apprend en cours de biologie est que, chez les mammifères, les mâles ont les chromosomes XY et les femelles les chromosomes XX.

C'est principalement le gène SRY, présent sur le chromosome Y qui entre en jeu dans la différenciation sexuelle.

Mais en réalité, ce n'est pas le cas chez tous les mammifères ! Il existe quelques espèces chez lesquelles on ne le trouve pas.

Par exemple, chez un petit rongeur vivant sur une île japonaise, Amamai Ōshima, ce chromosome n'existe pas. Le rat épineux d'Amami est une espèce de rongeurs qui fait partie de ces espèces sans chromosome Y.



Une étude récente a montré comment le sexe était déterminé chez cette espèce. Le mâle a un seul chromosome X, au lieu de la paire XY. Il est logique que l'animal puisse vivre avec ce seul chromosome X, étant donné que le Y ne contient aucun gène nécessaire à la survie. Mais comment les attributs mâles se mettent-ils en place ? Il y a une « surexpression » d'un seul gène chez les mâles. Il n'y a pas de chromosome Y chez le mâle mais uniquement un gène sur un brin d'ADN en « surexpression* ».

Si les chercheurs s'intéressent aux espèces sans chromosome Y, c'est aussi parce qu'il existe une théorie selon laquelle le Y de l'être humain finira un jour par disparaître également. Cette théorie est basée sur le fait qu'il a rétréci au cours de l'évolution.

Cependant, la question reste ouverte : est-ce que ce rétrécissement va continuer ou a-t-il atteint un point d'équilibre ?

La nature se dit-elle que la vie serait plus sereine sans les mâles ?

Ils semblent nés pour se faire la guerre, se battent pour les femelles, pour un territoire, pour dominer, pour une religion, pour un butin...

Les hommes sont-ils plus violents que les femmes parce qu'ils ne bénéficient pas de l'influence du microchimérisme.

Rappelons ce qu'est le microchimérisme : biologiquement, grâce au placenta, mère et fœtus communiquent en permanence, c'est une symbiose totale. Un amour inconditionnel se met en place. Et après la naissance, les cellules du bébé demeurent dans le sang, le cerveau et les organes maternels. Ce phénomène, le microchimérisme fœtal, cette fusion, fait de la relation mère-enfant l'archétype du lien humain.

Cette relation altruiste des mères pour leurs enfants engendre-t-elle plus de bienveillance envers les autres en générale, comparée aux mâles qui ne bénéficient pas de cette spécificité ?

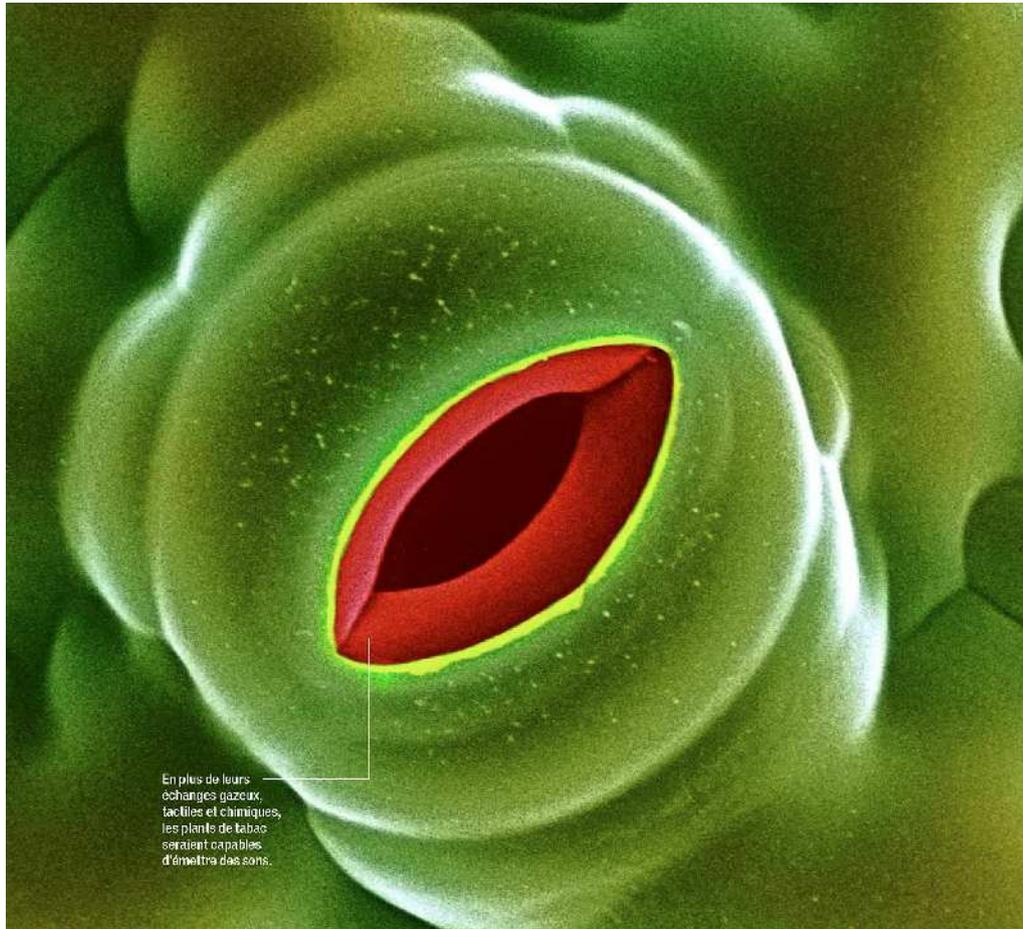
- Les plantes émettent des sons lorsqu'elles sont soumises au stress.

Nous avons déjà abordé ce sujet mais, depuis peu, ce n'est plus une supposition mais une certitude. Notamment une équipe de scientifiques de l'université de Tel-Aviv a publié cette étude : les végétaux produisent une série de sons lorsqu'ils sont en manque d'eau ou lorsqu'ils sont endommagés.



Des microphones à ultrasons enregistrent les sons émis par les plantes !

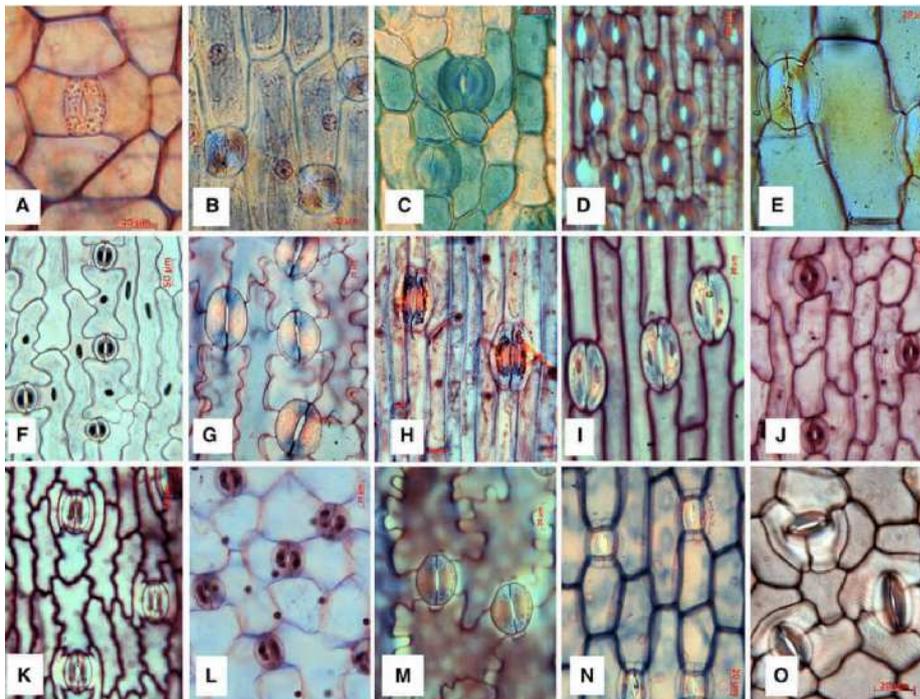
*Une surexpression signifie qu'un gène est trop actif, il produit la protéine qu'il code en trop grande quantité. Par exemple, de nombreux cancers résultent de la surexpression de gènes régulateurs clés.

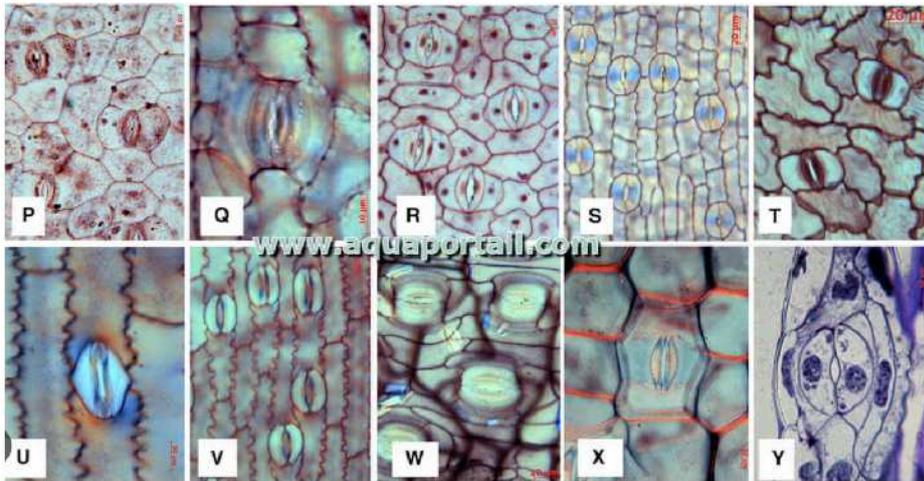


Stomate

Un stomate est un orifice de petite taille présent dans l'épiderme des organes aériens. Il permet les échanges gazeux entre la plante et l'air ambiant ainsi que la régulation de l'évapotranspiration et de la pression osmotique. Serait-ce par les stomates que les plantes émettent des sons ?

Exemples de stomates de différentes plantes :





Les sons émis par les plantes sont trop aigus pour l'oreille humaine.

Lorsqu'elles sont en bonne santé, les plantes produisent moins d'un son par heure.

Par contre, si les végétaux sont soumis à des conditions de stress, il peut se produire une véritable « cacophonie », car les végétaux peuvent produire jusqu'à une cinquantaine de sons par heure. De même, quand elles sont attaquées par un insecte, les plantes avertissent leurs voisines.

Les sons produits par des plantes en bonne santé sont de types « clic » et « pop », alors que les sons produits par une plante privée d'eau ou par une plante, dont certaines parties ont été coupées, sont des sons émis en rafales et perceptibles à une distance de 3 à 5 mètres.

D'après les chercheurs, ces sons sont produits à un niveau de volume similaire à celui de la parole humaine, mais dans une plage de fréquence inaudible par l'oreille humaine. Par contre, les scientifiques pensent que ces sons pourraient être entendus par les animaux comme des chauves-souris et d'autres petits mammifères comme les souris et des insectes tels que des papillons.

Les scientifiques ont travaillé avec différentes espèces de plantes comme la tomate, le tabac, le blé, le maïs, le cactus et la renoncule. Afin de savoir si la production de son par une plante est influencée par son état, les chercheurs ont soumis les plants de ces espèces à différents traitements stressants : certaines plantes n'ont pas été arrosées pendant 5 jours, d'autres ont eu la tige coupée et d'autres sont restées physiquement intactes et ont reçu de l'eau en quantité normale.

Ces plants ont ensuite été placés dans un caisson acoustique particulièrement bien protégé des sons parasites extérieurs. À dix centimètres de chaque plant, les scientifiques ont installé des microphones à ultrasons destinés à enregistrer des sons dont la fréquence varie de 20 à 250 kHz (soit de 20 000 Hz à 250 000 Hz).

En serre, les chercheurs ont également suivi et enregistré les sons émis par une plante soumise à un processus de déshydratation. Au fil du temps, les scientifiques ont constaté que la plante produit de plus en plus de sons jusqu'à atteindre un pic, puis la production de son par la plante diminue. Avec cette étude étonnante, les scientifiques de l'université de Tel-Aviv ont pu prouver que les plantes émettent des sons.

Si l'on prend la peine de réfléchir à la quantité de plantes qui nous entourent, le monde doit être rempli de sons inaudibles pour nos oreilles humaines, mais audibles pour certains animaux sensibles à ces fréquences, les insectes et certains petits mammifères.

Dans de futures études, les scientifiques pourraient, par exemple, tenter de comprendre le mécanisme à l'origine de la production de ces sons ainsi que la nature de la relation créée entre ces plantes et les animaux qui entendent les sons qu'elles produisent.

<https://www.youtube.com/watch?v=hOWaXi0I2YE&t=1s>

Percée mondiale : les plantes émettent des sons ! (3,30 minutes)



Traduction en français en cliquant sur paramètres et cc.

- Pourquoi la plupart des animaux terrestres ont-ils cinq doigts ?

Non pas quatre ou six, mais cinq doigts ! Comment l'expliquer ?
Parce qu'il n'y a probablement pas d'avantage sélectif à en avoir plus ?

Bien qu'il existe quelques exceptions :



Les vertébrés vivant sur la terre ferme sont “pentadactyles” : ils possèdent cinq doigts à chaque membre. En revanche, les premiers vertébrés tétrapodes, tous aquatiques et présents il y a environ 380 millions d'années, en avaient davantage. : ils étaient “polydactyles”.

Il y a environ 365 millions d'années, certaines espèces marines ont commencé à sortir de l'eau... et à perdre des doigts !

“La polydactylie n'aurait pas eu d'avantage sélectif pour la locomotion des vertébrés et n'aurait donc **pas été retenue par la sélection naturelle**, selon Gaël Clément, paléontologue au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.

Il se pourrait qu'un **simple blocage génétique**, empêchant l'expression des gènes de la polydactylie, ait été à l'origine de ce phénomène. ”

En 2016, des chercheurs ont induit chez des souris l'expression d'un gène normalement inactivé. Ce qui a conduit à la formation de pattes à 7 doigts !

La nature, après quelques tâtonnements sur le nombre de doigts idéal, a tranché : ce sera cinq. Elle bloque ce chiffre !

- Le **transfert de gènes** est un mécanisme évolutif bien connu entre plantes, ainsi qu'entre bactéries. Mais des chercheurs viennent de découvrir un cas où un **gène est passé d'une plante à un insecte**, permettant à ce dernier d'échapper au système de défense de celle-ci.

C'est une petite mouche blanche. Elle provoque des dégâts considérables sur les cultures (coton, tabac, tomate, patate douce, poivron...). Elle est particulièrement néfaste, car elle transmet aussi de nombreux virus pathogènes aux plantes et s'avère extrêmement résistante aux insecticides.

Une équipe de chercheurs chinois et suisses vient de percer le secret de ce redoutable ravageur pour échapper au mécanisme de défense des plantes : l'aleurode du tabac s'est tout simplement approprié un de leur gène !



Pas bête, la mouche !

- Une première historique : une expérience a permis d'isoler, sous forme moléculaire, un **souvenir dans le cerveau d'un être vivant, avant de le transférer dans le cerveau d'un autre !**

Celui-ci est une sorte d'escargot de mer, l'aplysia californica, qui est une star des laboratoires travaillant sur la mémoire.



David Glanzman de l'université de Californie prouve par son expérience que les souvenirs possèdent un support dont la matérialité s'incarne sous la forme d'un nuage de molécules injectable par une seringue. De la science-fiction... pour de vrai !

En répétant cinq fois toutes les 20 min, un choc électrique sur la queue de l'animal, il finit par être « sensibilisé ». Au moindre choc suivant, il rétracte son siphon afin de se protéger. L'escargot mémorise un choc électrique.

Une partie du contenu de ses neurones est ponctionné... Les neurones qui contiennent cette mémoire chez l'aplysia étant bien connus, les scientifiques les ont prélevés et récupérés dans une seringue... puis injectés dans la tête d'un autre animal...

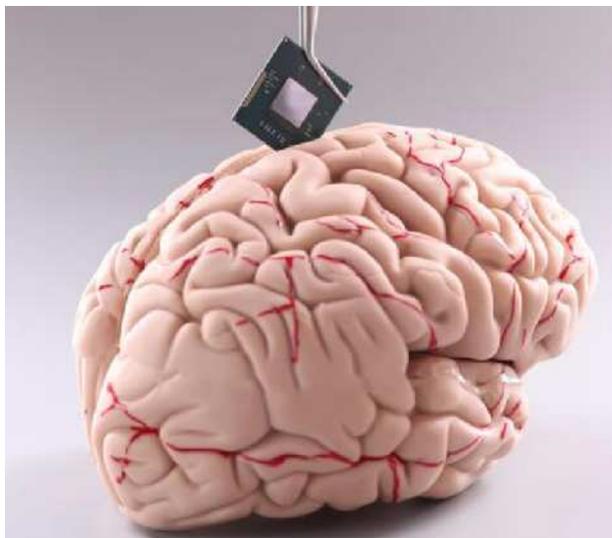
Une partie du contenu de la seringue a été injectée dans le liquide où baignent les neurones d'un animal « naïf » qui, n'ayant jamais senti de décharge électrique, n'en a pas peur.

Un jour plus tard, l'animal naïf « se souvient » à son tour du choc électrique, il connaît les conséquences d'un choc électrique aussi bien que son comparse chez qui l'ARN neuronal a été prélevé...



Le souvenir a bien été implanté.

A quand, sur l'être humain ?



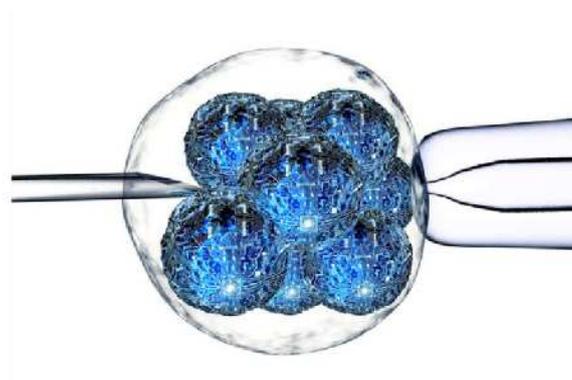
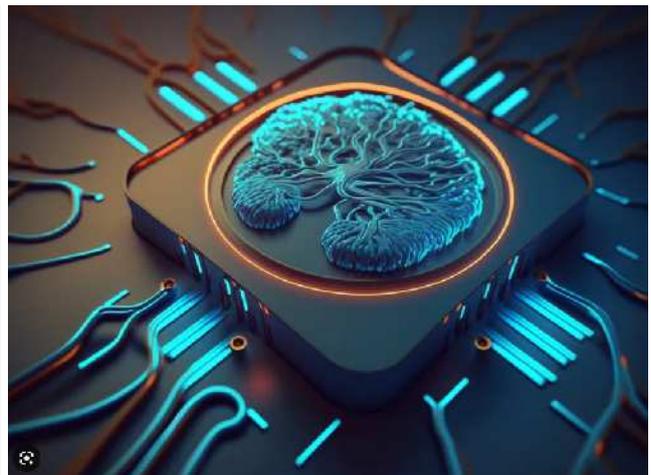
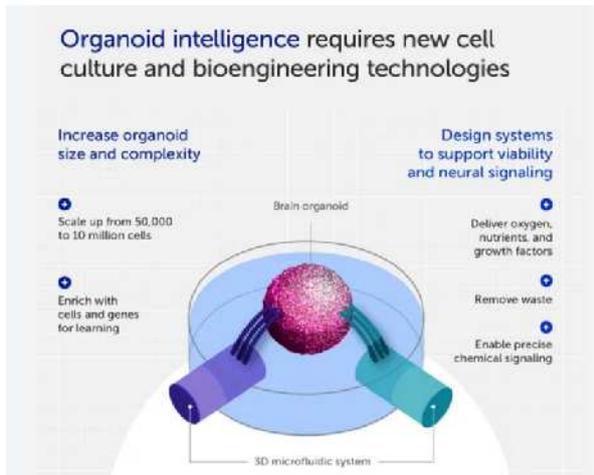
- Cela arrivera peut-être bientôt !

Des chercheurs se projettent vers un avenir où des bio-ordinateurs utilisant des **cellules cérébrales humaines, cultivées in vitro**, seraient bien plus performants que leurs équivalents à base de puces en silicium.

La Puce en silicium



Le Bio-ordinateur en cellules cérébrales humaines



L'équipe internationale dirigée par le professeur Thomas Hartung de l'université John Hopkins parle « **d'intelligence organoïde** » ou IO.

Il s'agit de développer des bio-ordinateurs utilisant des organoïdes cérébraux vivants, associés à des microélectrodes qui détectent l'activité électrique des neurones. Les organoïdes sont des versions simplifiées d'organes fabriqués in vitro en trois dimensions. Cette interface cerveau-machine serait connectée à des systèmes d'IA et d'apprentissage automatique pour en augmenter les performances.

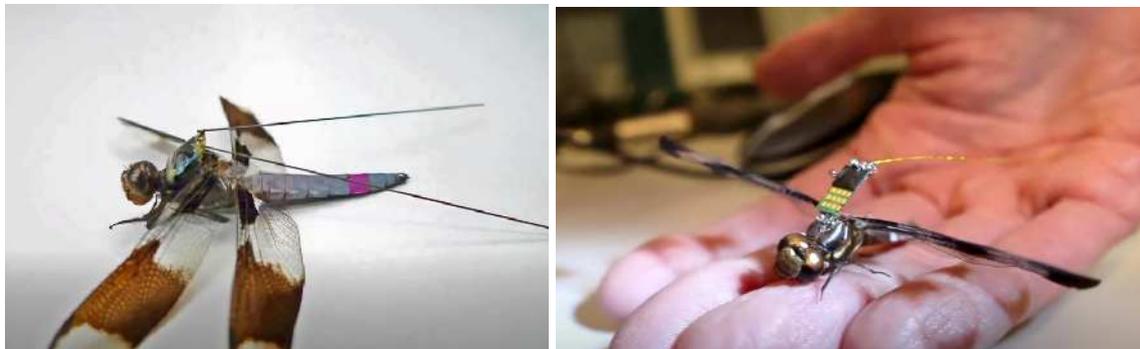
Dans l'équipe se trouvent des chercheurs de Cortical Labs à qui l'on doit des cellules cérébrales qui ont appris à jouer aux jeux vidéo plus rapidement qu'une IA.

« Les outils que nous développons en vue de l'informatique biologique sont les mêmes que ceux qui nous permettront de comprendre les changements dans les réseaux neuronaux spécifiques à chaque maladie, par exemple à l'autisme, sans avoir à utiliser des animaux ou à accéder aux patients, afin de comprendre les mécanismes sous-jacents qui expliquent pourquoi les personnes présentent ces problèmes de cognition et ces déficiences », explique Lena Smirnova, professeure adjointe de santé et d'ingénierie environnementale à Johns Hopkins.

Le groupe de recherche s'est également doté de scientifiques, bio éthiciens et membres de la société civile afin de travailler sur les implications éthiques liées à la manipulation de ces cellules cérébrales.

- Un nouveau type de microscope du cerveau est appelé « à feuilles de lumière » pour obtenir des images à multi-vues simultanées.

Ce système permet d'imager et de suivre tout processus dans de grands spécimens biologiques et notamment de **suivre l'activité neuronale dans un cerveau entier**. C'est la première fois qu'un cerveau entier de vertébrés, pour le moment de libellule, de poisson-zèbre et de mouche à viande, est imagé à une vitesse qui permet de suivre l'activité neuronale dans la majorité des neurones dont le cerveau est composé.



Cela permettra de tirer des conclusions sur la façon dont de nombreux neurones, dans différentes zones du cerveau, travaillent ensemble pour réaliser ce que fait le cerveau, pendant des activités.



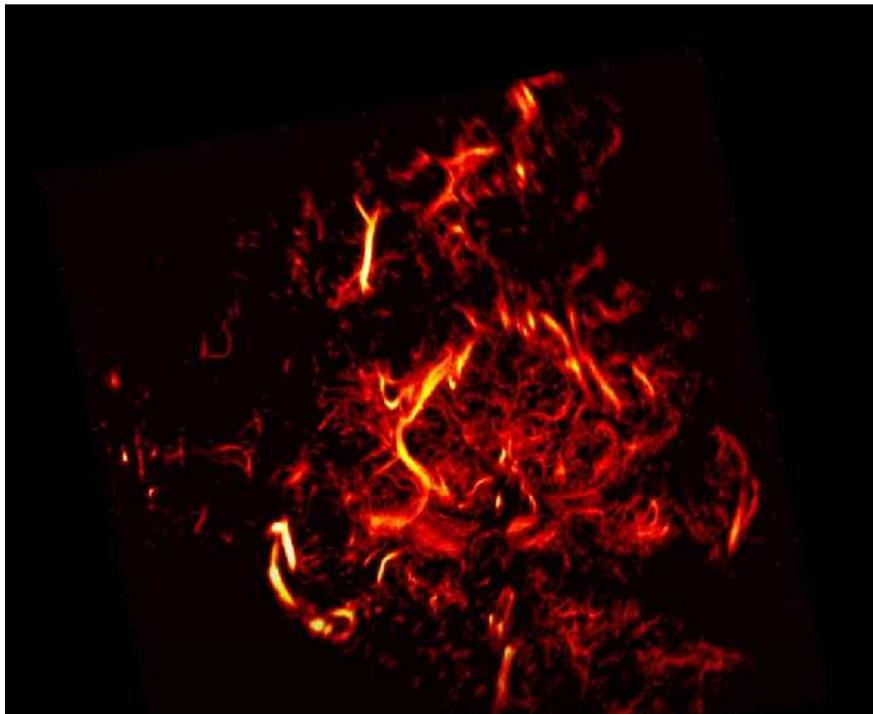
Ici, attraper des mouches pour se nourrir.

- La vascularisation du cerveau décrite par ultrasons

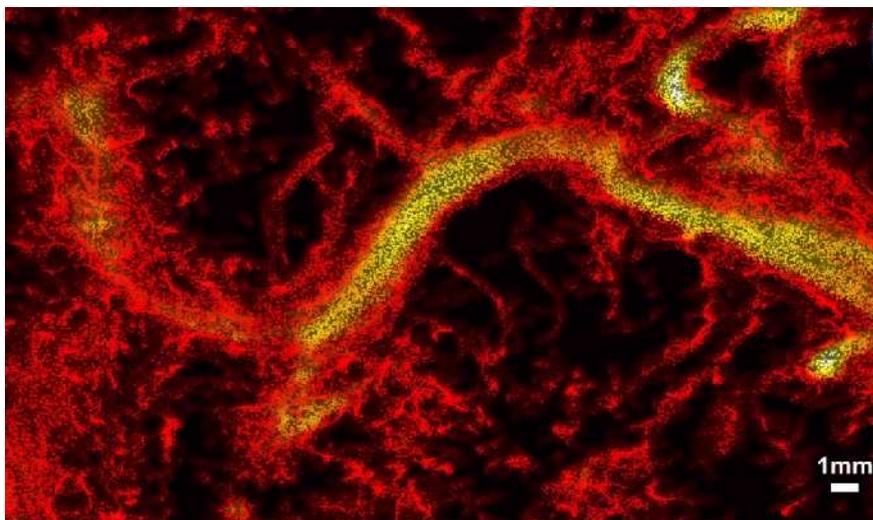
Un laboratoire de médecine constitué de physiciens travaille en interface avec des médecins pour inventer un appareil d'imagerie médicale beaucoup plus performant, permettant de mieux trouver les thérapies adéquates. Cette forme d'imagerie est notamment basée sur l'utilisation des ondes ultrasonores, c'est donc le domaine de l'échographie. Par cette nouvelle méthode, la modalité d'imagerie passe dans une toute nouvelle dimension : la **microscopie de localisation, par ultrasons**.

Ce sont les premières cartes de la vascularisation du cerveau qui vont jusqu'à une **échelle microscopique d'un cerveau**.

Les vaisseaux sanguins nourrissent les neurones en oxygène et en nutriments, ils ont donc un rôle essentiel dans le bon fonctionnement du cerveau.

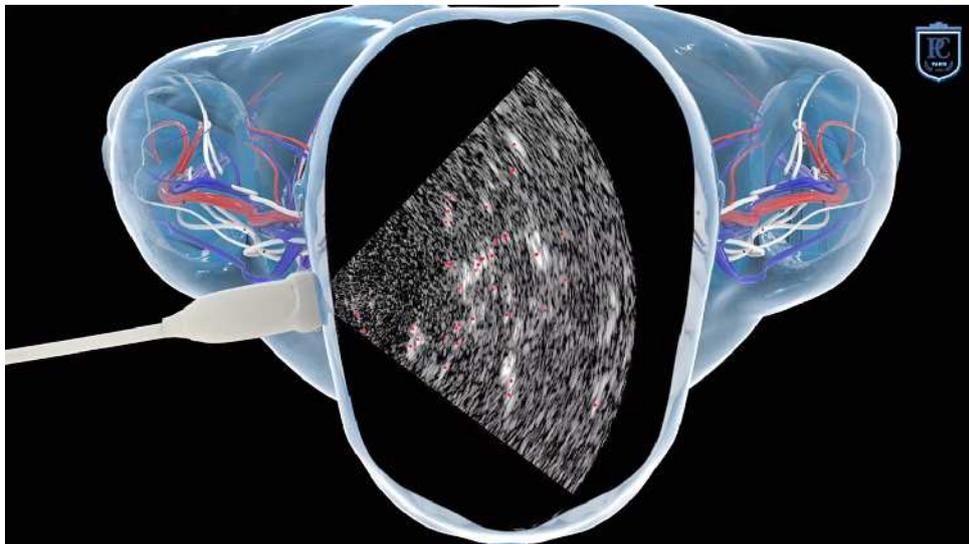
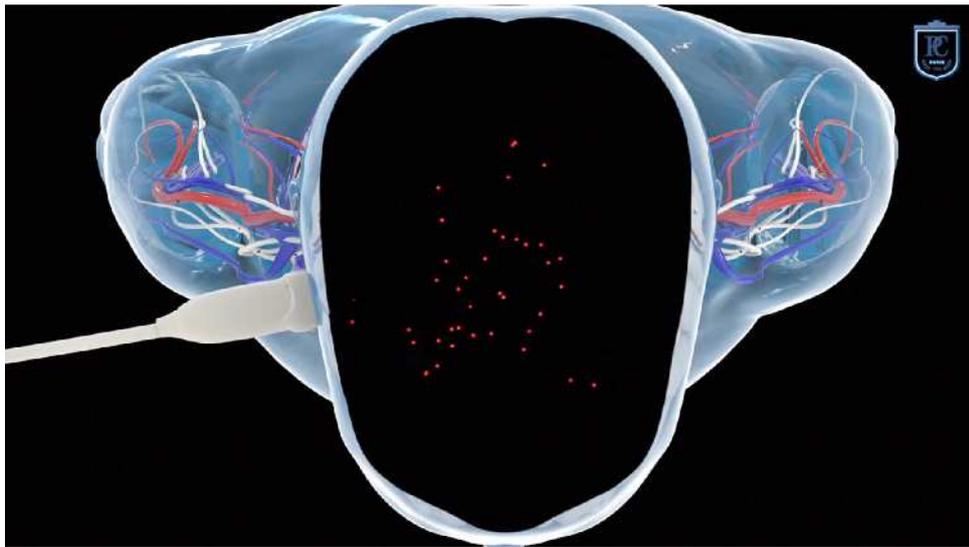


Le diamètre de ces vaisseaux peut varier de quelques millimètres, pour les plus grosses artères, à seulement quelques microns pour les plus petits capillaires.



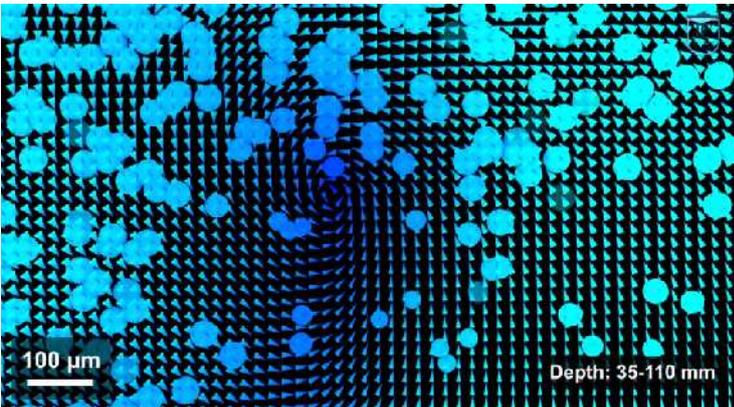
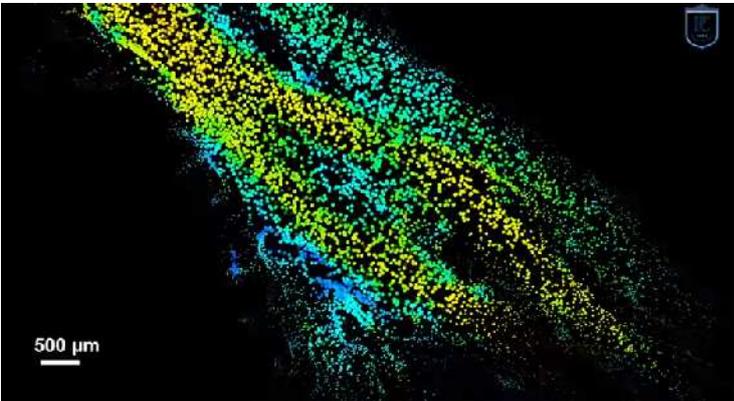
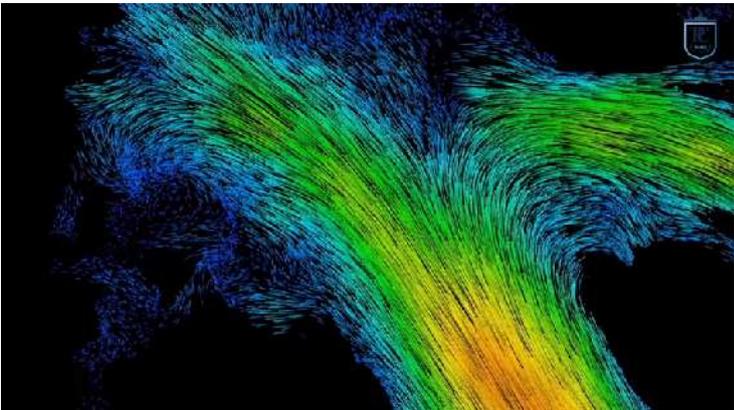
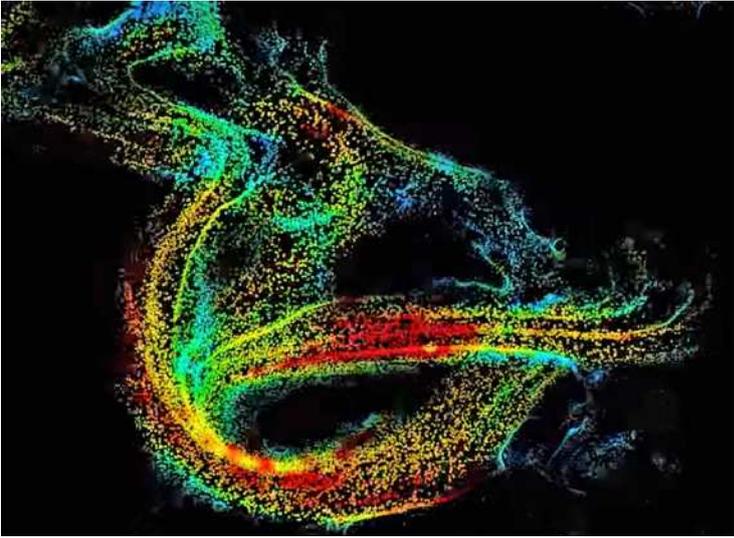
Ce qui est compliqué, en termes d'imagerie, c'est d'avoir une méthode qui arrive à couvrir toutes ces échelles.

Le principe : les microbulles que l'on injecte dans la circulation sanguine vont se promener dans le cerveau et l'on va être capable, grâce à cela, de les localiser.



Avec une localisation très précise, à **toutes les échelles de grandeur**.
Ci-après, ce petit carré rouge du cerveau agrandit de plus en plus :





Cette nouvelle modalité d'imagerie est immense puisqu'elle permet de voir les plus petits composants du réseau vasculaire, l'endroit où se produit le début d'un anévrisme.

Et surtout, cette modalité n'est pas invasive, sa mise en œuvre est facile, d'une grande accessibilité et, en plus, paraît-il, de faible coût !

Tout cela va permettre de beaucoup mieux prendre en charge les patients, que ce soit pour un diagnostic précoce, pour le suivi de l'efficacité des nouveaux traitements thérapeutiques, de la compréhension des maladies cérébrales, mais aussi d'en apprendre davantage sur le fonctionnement du cerveau.

- A la manière des **particules** qui peuvent se trouver dans **deux états quantiques** simultanément, dans une « superposition d'états », laquelle se réduit, de manière relativement arbitraire, lors de la mesure, il en serait de même pour nos pensées. Notre cerveau se tiendrait aussi, au moment du choix, à cheval entre deux possibilités. **La pensée humaine serait quantique !**

Cette idée d'une cognition quantique est appuyée par des expériences d'imagerie cérébrale.

Quand la réalité nous met face à un choix dont les options s'excluent, par exemple « je mets mes chaussures de ville ou ma paire de baskets ? », alors le cerveau opte pour... les deux. Il déroule un scénario unique mélangeant les options dans un « calcul » un peu hallucinatoire, mais pas nécessairement conscient, de superposition de réalités. Et c'est au moment de passer à l'action que le choix définitif se précipite dans le cerveau.

Ce parallèle entre les états des pensées et des objets quantiques, au niveau cérébral, a été découvert début 2020 : une équipe internationale a conduit des expériences sur des volontaires avec de l'imagerie cérébrale et montré que le cerveau semble bien fonctionner ainsi.

« Notre étude est la première à appuyer l'idée d'une cognition quantique au niveau neuronal », a souligné Xiaochu Zhang, à la tête de cette recherche.

Ils ont observé, par exemple, que le cerveau active parallèlement plusieurs zones représentant les alternatives, avant que l'acte de choix ne réduise l'activité, avec une part d'indéterminé que ne justifie pas nécessairement un désir préexistant caché.



La part d'irrationnel dans la pensée humaine pourrait ainsi s'expliquer.

Les chercheurs espèrent pouvoir approfondir le parallèle car il existe d'autres phénomènes quantiques applicables au cerveau, à la psychologie...