

6. L'abominable mystère des fleurs



Les plantes à **fleurs** dominent le monde végétal, malgré leur apparition récente (et soudaine !) sur Terre. Un hoquet de l'évolution ?

Ces dernières ne sont apparues qu'il y a environ 130 millions d'années, contre 400 millions pour les plus anciennes plantes. Aujourd'hui, elles dominent largement la planète, avec 375 000 espèces contre moins de 1 000 pour leurs proches parents, comme les conifères, pourtant là bien avant elles.

Tout cela interpellait Charles Darwin, père de la théorie de l'évolution, car la chose ne cadrerait pas avec sa vision de l'évolution en tant que processus très graduel. Pour expliquer le phénomène de ce développement rapide qu'il qualifiait « d'abominable mystère », le scientifique avait émis une hypothèse radicale : les plantes à fleurs auraient évolué sur un continent isolé et disparu, d'où l'impossibilité de trouver des fossiles témoignant de leur évolution progressive. On a trouvé des fossiles de gymnospermes (les conifères) âgés de 50 à 200 millions d'années de plus que l'âge du plus vieux fossile connu de plante à fleurs. Il y a donc une longue période où les premières angiospermes (à fleurs) sont introuvables.

Quelque 150 ans après Darwin, l'énigme taraude toujours les scientifiques. Plein d'articles sont publiés à ce sujet chaque année, avec de nouvelles théories et le débat s'enflamme parfois. Les fleurs défient l'impossible. Sous leur apparence fragile, ce sont des combattantes. Leur histoire est celle d'une conquête fulgurante de la planète. Elles représentent, aujourd'hui, 90 % des espèces de plantes. C'est cette domination sans partage qui intrigue les scientifiques, depuis des siècles.

Aujourd'hui, une nouvelle génération de scientifiques cherche à percer ce mystère.

Paléontologues, biologistes, généticiens traquent la moindre piste dans le monde entier.

Les fleurs ont une sexualité débridée, présentent des armes de séduction massives et sont plus résistantes que les dinosaures !



François Parcy, généticien, directeur de recherche CNRS au Laboratoire de physiologie cellulaire et végétale de Grenoble

La plante à fleurs a réussi l'exploit de traverser les millénaires, tout en s'adaptant aux aléas climatiques. « Les fleurs, pour moi, c'est une illustration magnifique de ce que peut créer l'évolution ».

Schémas, images ultraviolettes, expériences in situ et reconstitutions dévoilent l'ingéniosité des fleurs pour assurer leur descendance et ainsi s'implanter durablement sur la planète. Leur succès repose sur leur alliance avec le monde animal.
« L'association avec les insectes, explique François Parcy, c'est une optimisation énorme.



On peut comprendre que, par rapport à du vent qui va emmener du pollen au hasard, la coopération avec des insectes apporte extraordinairement plus : un bourdon, une abeille ou un papillon va spécifiquement aller de fleur en fleur. Et, de plus, avec l'avantage d'avoir les organes mâle et femelle sur la même structure de la fleur, quand un insecte va visiter une fleur, il va en même temps déposer du pollen et emporter du pollen. Ce qui fait que, dans une même visite, il va aller faire ce brassage génétique. Et ça, c'est un avantage faramineux. Donc pour la fleur, c'est le rêve. Elles ont quelqu'un qui conduit docilement leurs gamètes d'une fleur à l'autre. Elles sont immobiles, elles ne peuvent pas bouger, et pourtant elles se reproduisent de façon très efficace. »



Pour parvenir à attirer les pollinisateurs, les fleurs, les angiospermes sont aux aguets. Oui, vous avez bien lu. Une étude a prouvé que leurs pétales perçoivent les bourdonnements. En réponse à ces sons, annonceurs d'une visite, la fleur produit un nectar plus sucré pour récompenser les insectes d'être venus jusqu'à elle. Là n'est pas sa seule spécificité. On a pu démontrer qu'une même plante était capable de créer de nouvelles espèces pour répondre aux préférences d'un pollinisateur.

En disposant des Brassica Rapa, le chou champêtre, dans deux serres distinctes.



L'une avec des bourdons :



L'autre avec des syrphes, une petite mouche :



On a découvert qu'en 9 générations (la plante produisant une nouvelle génération de graines toutes les sept semaines), celles butinées par le bourdon devenaient plus **grandes** que celles visitées par le syrphé.

Sur les pétales, invisibles à l'œil nu, certaines n'hésitent pas à disposer des balises pour diriger les insectes vers des étamines lumineuses.

Aujourd'hui, les plantes à fleurs sont partout dans la nature et donc aussi dans nos assiettes.



Mais pourquoi leurs origines, leurs diversifications et leurs succès rapides intriguaient tellement Darwin ?

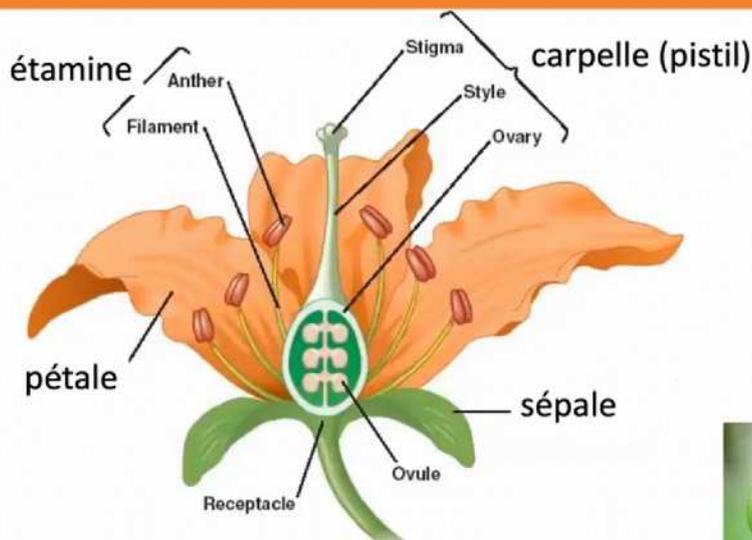
Le langage des fleurs, c'est un langage muet.

Pourtant on essaye de mieux le comprendre et cela a beaucoup de sens. En fait, le langage des fleurs, c'est à la fois leur communication avec leurs pollinisateurs, c'est à la fois la façon dont elles décryptent le langage inscrit sur leurs chromosomes et aussi comment elles lisent ces instructions et se forment.

Qu'est-ce qu'une fleur ?

Parce que, même si les fleurs sont toutes très différentes, elles ont des points communs et leur principal point commun, c'est d'assurer la reproduction des plantes. C'est leur but premier, c'est d'arriver à produire des graines, des fruits et, pour cela, elles ont toutes des organes mâles et des organes femelles.

LA FLEUR: UNE STRUCTURE POUR LA REPRODUCTION



Les 4 couronnes d'organes

@ 2009 pearson education inc.

FRANÇOIS PARCY – LA NAISSANCE DES FLEURS – MUSEUM GRENOBLE – 28 AVRIL 2021

Les organes mâles, ce sont les étamines qui portent le pollen, et les organes femelles, c'est le pistil, on l'appelle aussi le carpelle qui renferme (le terme « renfermer » est important) les ovules.

Donc le pollen se pose sur le sommet du pistil, le tube pollinique va pousser, féconder les ovules et on aura, de cette manière, la formation des graines et des fruits.

Mais ce n'est pas la seule chose qui compose la fleur. La fleur a aussi, à l'extérieur, des petits organes qui ressemblent à des feuilles mais qui ne sont pas exactement des feuilles, qui s'appellent des sépales. Sur le schéma, on les voit à l'extérieur de la fleur. Ce sont de petits organes qui ressemblent à des feuilles et qui protègent le bourgeon floral quand il est encore fermé. Et puis, évidemment, les pétales.

Les pétales sont les organes les plus connus, c'est pour ça qu'on aime les fleurs. C'est souvent eux qui ont des formes, des couleurs assez extraordinaires.

Ce qui est important de préciser, c'est que, non seulement, les fleurs ont toutes ces 4 types d'organes mais elles ont ces organes disposés **en couronne**. C'est une disposition qui est différente de la disposition de feuilles sur une tige, par exemple, ou de la disposition des écailles sur une pomme de pin qui est spiralée. Cette disposition en couronne est un attribut qui est propre aux fleurs.

Avec plus de 90 % des plantes qui sont à fleurs, elles dominent complètement la flore terrestre. La quasi-totalité de ce que vous mangez, de végétal, sont des plantes à fleurs. Il existe quelques exceptions mais c'est rare. Donc elles sont importantes par leur nombre d'espèces et aussi parce qu'elles nous nourrissent.

Voilà les deux plus grandes fleurs au monde :

Celle-ci s'appelle la rafflesia que l'on trouve uniquement à Sumatra en Indonésie, elle peut faire un mètre vingt de diamètre, c'est une plante parasite qui n'a rien d'autre qu'une fleur, elle investit tout dans la reproduction, elle n'a pas de racine, elle n'a pas de feuille mais elle fait des fleurs absolument gigantesques.



Et l'autre s'appelle l'arum titan, on l'appelle aussi phallus de titan. C'est une énorme structure endémique des forêts tropicales de Sumatra aussi.



La floraison se produit une fois, de temps en temps, de façon tout à fait spectaculaire.

Ce qui est spécial avec ces deux fleurs, c'est que les deux dégagent une horrible odeur de viande périmée.

Leurs pollinisateurs sont des mouches qui aiment les cadavres, aussi elles ont opté pour cette odeur pestilentielle. Ce qu'il faut souligner c'est, qu'en fait, le principal pour une fleur est d'attirer son pollinisateur, ce n'est pas de sentir bon pour plaire aux humains. Si le pollinisateur aime les bonnes odeurs, elle aura de bonnes odeurs mais si on veut attirer une mouche qui aime le cadavre pourri, eh bien on sent mauvais.

On reviendra sur cette interaction entre la fleur et ses pollinisateurs.

Filmé en caméra thermique, on voit que l'arum titan, en début de nuit, commence à avoir une température très forte sur son sommet, cela continue toute la nuit et le matin c'est fini.

Il existe des fleurs et des plantes qui sont capables de changer de température, et dans ce cas-ci précisément, on pense que c'est pour encore mieux diffuser les mauvaises odeurs. Grâce à cette chaleur, même la nuit, elles vont provoquer l'attraction des mouches qui aiment cette odeur.



Il y a beaucoup d'autres systèmes stratégiques extraordinaires que les plantes utilisent pour attirer leurs pollinisateurs.

Mais revenons-en d'abord à Darwin.

Que s'est-il passé dans l'évolution des plantes ?

Il n'y a pas toujours eu de fleurs sur Terre. Si, aujourd'hui, c'est la vaste majorité, il y a une époque où il n'y en avait pas du tout.

Si l'on remonte dans le temps, si l'on regarde ce qui s'est passé au tout début du vivant sur Terre, la vie végétale avait lieu dans l'eau, dans la mer, les lacs et les rivières, sous forme d'algues. D'abord, il y a eu des **algues** unicellulaires puis ces algues sont devenues pluricellulaires, ce sont les algues chlorophylles, il y a à peu près 800 millions d'années.

Et puis, ces algues ont commencé à vivre au bord des lacs, sur des rochers qui étaient partiellement immergés et petit à petit, elles ont réussi à s'habituer à une vie sur la terre et sont apparues sous forme de **mousse**, il y a à peu près 450 millions d'années.

Les mousses sont des végétaux assez rudimentaires mais capables de vivre sur la terre ferme, en présence d'humidité mais pas sous l'eau. Les mousses ne grandissent jamais tellement, elles transportent l'eau de cellule en cellule, donc il vaut mieux qu'elles ne grandissent pas trop en hauteur.

Et environ 30 millions d'années plus tard, il y a une innovation dans le milieu végétal qui a été extrêmement importante et transformante, c'est l'apparition **d'un tissu conducteur : le vaisseau**. Ces vaisseaux, les tiges, ont **permis de transporter l'eau dans les hauteurs**.



Et donc on a eu des organismes végétaux capables de s'élever au-dessus des mousses, de mieux profiter de la lumière du soleil, ainsi apparaissent les **fougères**. C'est ce qu'on appelle l'apparition du système vasculaire. On date cela, à peu près, à 420 millions d'années.

Puis il y a 350 millions d'années, il y a une nouvelle innovation qui est apparue, c'est la présence des graines. Jusque-là, la **reproduction se faisait par l'eau**, c'était l'eau qui conduisait les gamètes, il y avait des **spores**, par exemple chez les fougères, mais il n'y avait pas de graines.

Avec les **graines, la fécondation se fera par le vent**.

Et puis viendra cette grande famille que l'on appelle les **gymnospermes**, ce qui veut dire que l'ovule est nu, la **graine est nue**.

Ce sont les **conifères**, par exemple les pins, les sapins, les cèdres. Mais ils ne font pas de fleurs, ils font des graines et ils ont des cônes mâles et des cônes femelles séparés. Les deux sexes peuvent être situés soit sur la même plante, on parle alors d'espèce monoïque, soit sur deux pieds différents.

Les différents cônes jouent des rôles différents. Les cônes femelles sont les gros cônes, les pommes de pin. Ils ont une graine dans chaque écaille ouverte qui deviendra un nouvel arbre avec le pollen d'un cône mâle.



Les cônes mâles sont beaucoup plus petits que les femelles et leurs écailles ne sont pas aussi ouvertes. Chaque écaille dans un cône mâle renferme du pollen qui peut fertiliser le cône femelle pour former une graine.

Un rameau de pin avec des cônes femelles (les plus gros) et mâles (plus petits et plus nombreux, à l'avant-plan) :



Si vous allez dans la forêt en Sibérie, vous verrez que les conifères sont toujours extrêmement heureux. Il faut se rendre compte qu'il y a eu pendant **300 millions d'années** une vie végétale sur Terre extrêmement prolifique en conifères. Les réserves fossiles que l'on consomme aujourd'hui : le charbon, le pétrole, c'est le résultat de cette vie.

La Terre était couverte de plantes et la Terre n'avait pas besoin de plantes à fleurs. Et pourtant elles sont apparues ! Pourquoi ?

Et à partir du moment où elles ont été là, il y a seulement environ **150 millions d'années**, elles ont eu un succès extraordinaire qui fait qu'aujourd'hui la vaste majorité des espèces sont des **plantes à fleurs**, appelées les **angiospermes**.

Comment sait-on tout ça ? Par les fossiles.

Si les fossiles découverts ont 300 millions d'années, on ne retrouvera jamais de plantes à fleurs. On trouvera des mousses, des fougères, des conifères, c'est tout. Ce sont les fossiles qui nous ont renseignés sur l'histoire des plantes.

LES PLANTES À FLEURS (ANGIOSPERMES) N'ONT PAS TOUJOURS ÉTÉ LÀ

CE SONT D'ABORD LES FOSSILES QUI NOUS LE DISENT



Muscites tenellus,
The Jehol Fossils
Shum-qing Wu



Ginkgo biloba



Leefructus mirus, C. T. Li / Nature



Fern fossil, British Antarctic Survey

FRANÇOIS PARCY – LA NAISSANCE DES FLEURS – MUSEUM GRENOBLE – 28 AVRIL 2021

C'est donc après une longue attente que les plantes à fleurs sont apparues. On peut se demander ce qui s'est passé durant cette longue période entre les conifères et les plantes à fleurs ?

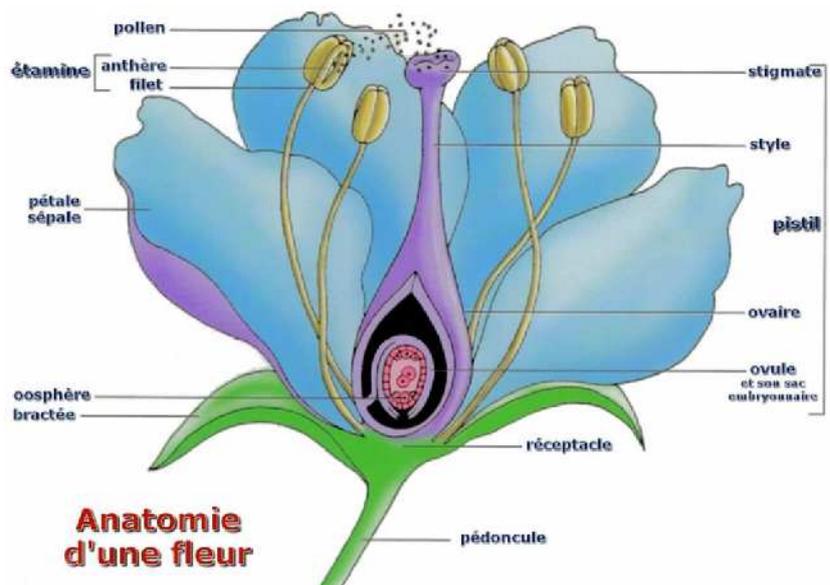
La théorie de l'évolution de Darwin nous dit que l'évolution procède par petits pas, ce sont de petites modifications qui se font par la sélection naturelle, et qu'en général, quand on voit un grand changement, comme ici, si on regarde l'ensemble des plantes qui existent sur Terre mais également les fossiles, on peut reconstruire le chemin, on peut trouver comment on a bien pu passer d'un ancêtre qui devait ressembler à certaines gymnospermes jusqu'à la plante à fleurs. Et là, ce qui est étonnant, et ce qui a beaucoup étonné Darwin, c'est que, quand on compare les structures, elles sont assez différentes : les gymnospermes, les conifères, ont des organes mâles et femelles qui sont séparés, ils n'ont pas la structure hermaphrodite de la fleur. Ils n'ont pas de pétales, pas de sépales, ces deux couronnes d'organes, protecteur et attracteur.



Ils ne sont pas pollinisés par des insectes, ils sont pollinisés par le vent.
 Et puis ils ont une disposition des **organes en spirale**, que l'on appelle la phyllotaxie, donc pas en forme de **couronne comme les fleurs**.



De plus, les ovules sont nus sur les écailles, ils ne sont pas enfermés.
 Alors que chez les plantes à fleurs, on a le pistil qui enferme les ovules.



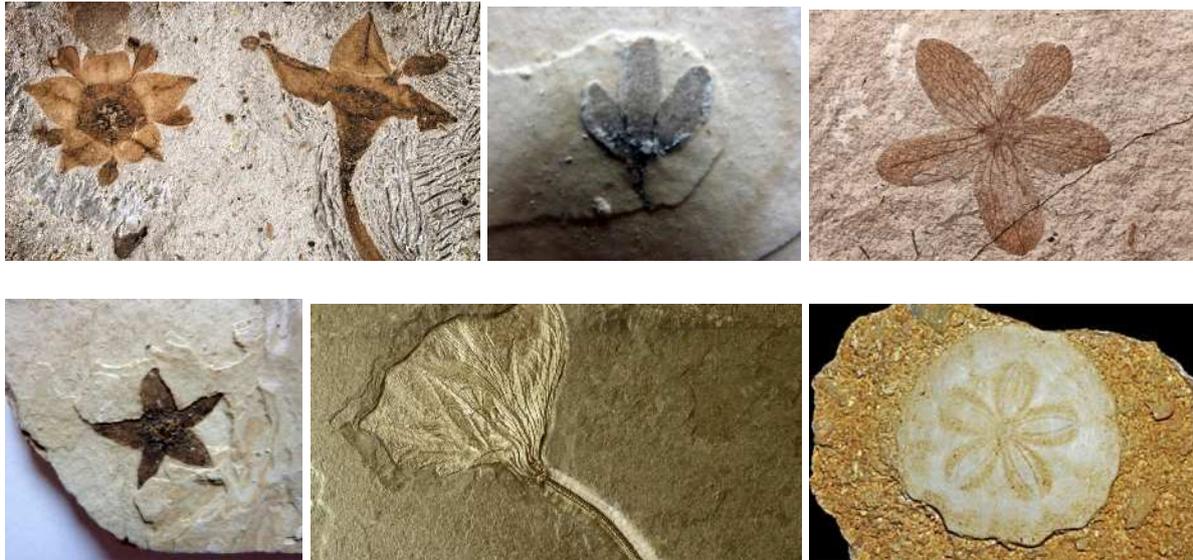
Cela fait beaucoup de différences !

Darwin a essayé de le comprendre, cela ne collait pas avec sa théorie, cela faisait trop de différences d'un coup. Il a écrit une lettre, qui est devenue célèbre, à son ami botaniste Joseph Hooker en lui disant : « L'origine et le rapide succès des plantes à fleurs sont, pour moi, un abominable mystère » et cela, on le reprend souvent, c'est le fameux « abominable mystère de Darwin ».

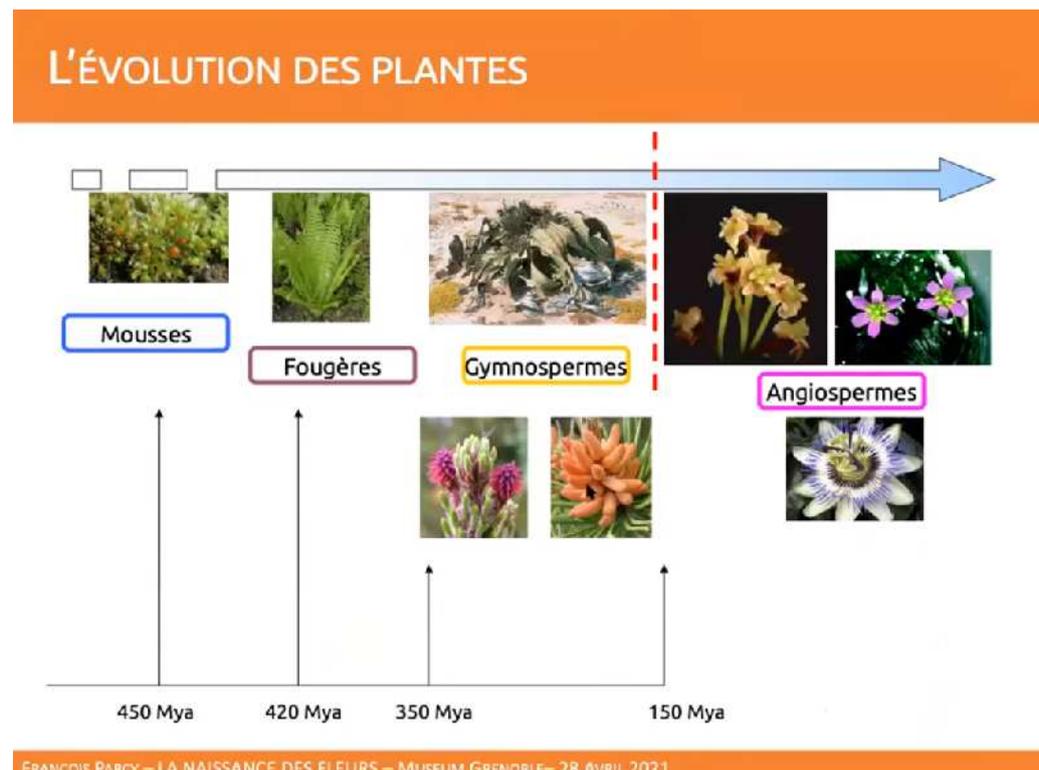
Cet abominable mystère a pas mal de facettes. C'est à la fois : où sont apparues les premières fleurs ? Pourquoi sont-elles apparues ? Quel était le chemin qui a conduit à leur origine ?

Et pourquoi ont-elles eu un succès aussi grand ?

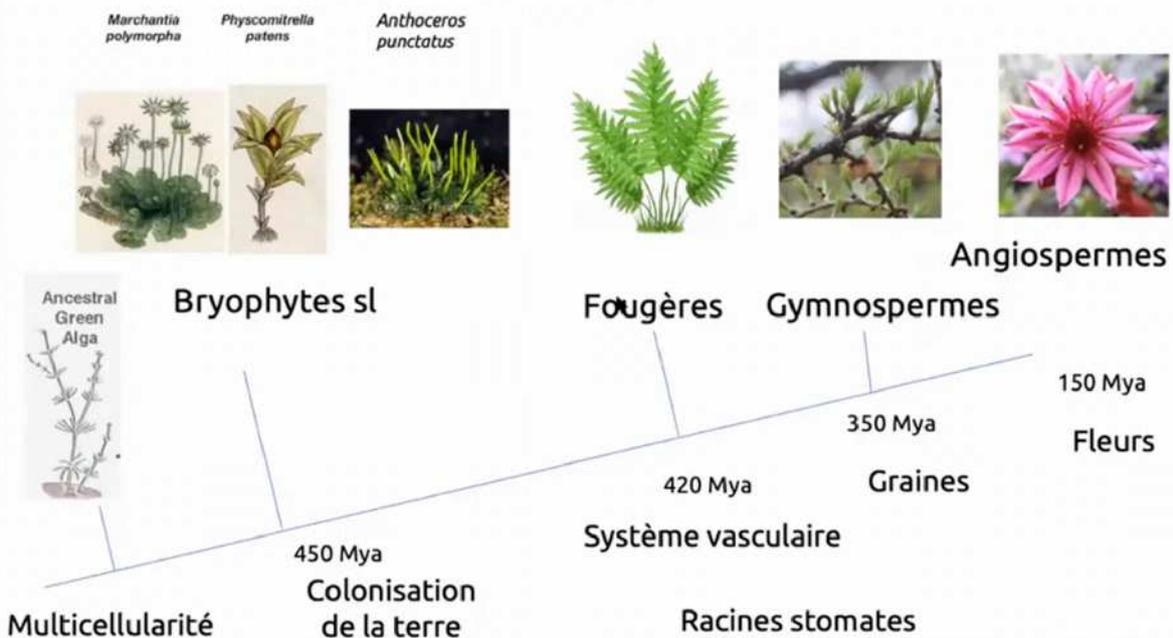
Darwin avait constaté que, dès le moment où on commence à trouver, dans les fossiles, des plantes à fleurs, on en trouve partout sur la Terre et on en trouve de toutes les sortes.



Et cela va beaucoup l'étonner parce qu'on aurait pu imaginer, par exemple, que cela fût né à un endroit, que cela se diversifiât doucement et qu'ensuite, petit à petit, cela réussît à conquérir la Terre. Mais là, on a l'impression que, d'une façon brutale, il y a eu une explosion à la fois de diversité et une explosion géographique. Cela fait partie du mystère de Darwin.

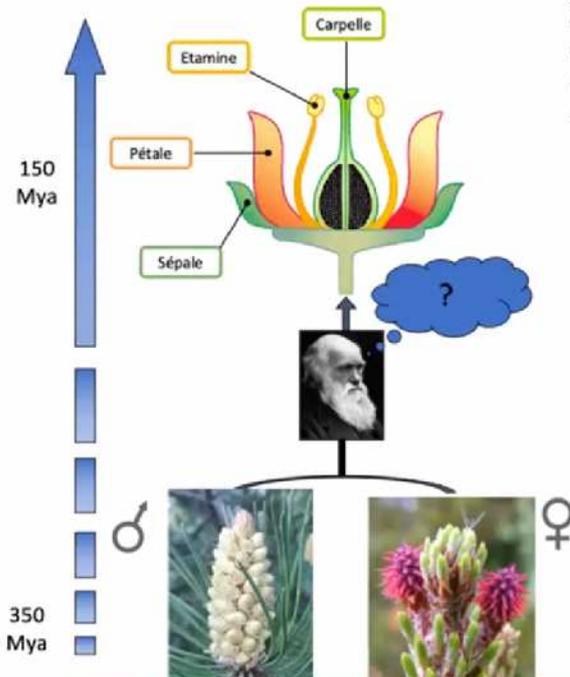


UNE BRÈVE HISTOIRE DES PLANTES



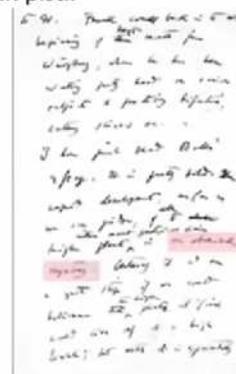
FRANÇOIS PARCY – LA NAISSANCE DES FLEURS – MUSEUM GRENOBLE – 28 AVRIL 2021

« L'ABOMINABLE » MYSTÈRE SELON DARWIN



Angiospermes

- Organes males et femelles rassemblés
- Disposition en couronne
- Existence de pétales et sépales
- Ovules enfermés dans un pistil



Gymnospermes

- Organes males et femelles séparés
- Phyllotaxie spiralée
- Pas de pétales/sépales

FRANÇOIS PARCY – LA NAISSANCE DES FLEURS – MUSEUM GRENOBLE – 28 AVRIL 2021

De nombreux chercheurs travaillent encore et toujours sur ce mystère.

Pourquoi un tel succès des plantes à fleurs ?

Les **fougères** ont une reproduction dans l'eau, donc elles ont besoin de l'eau pour que les gamètes nagent.

Les **conifères** produisent des millions de grains de pollen et c'est le vent qui les transporte.

Quand cela tombe sur un ovule, super, cela les féconde mais il y a des tas de grains de pollen qui vont se perdre.

Les **plantes à fleurs** ont comme innovation le fait d'utiliser des intermédiaires qui vont assurer la pollinisation, donc elles vont avoir une interaction avec des pollinisateurs. Ce sont souvent des insectes mais pas seulement.



Il y a 100 000 espèces d'insectes pollinisateurs, alors qu'il n'y a qu'une poignée d'oiseaux et de mammifères.

Ce qui est incroyable, c'est que les plantes à fleurs ont réussi à séduire leurs pollinisateurs pour leur permettre d'assurer cette mission de reproduction.

Et alors, me direz-vous, la séduction dans la reproduction, on connaît tous cela. Souvent les mammifères, et nous en particulier, utilisons la séduction pour nous reproduire.

Mais la grande particularité est que ce n'est pas le partenaire que vous séduisez, c'est

l'entremetteur, celui qui va transporter le pollen et qui n'a rien à voir avec votre espèce à vous.

Comment les plantes ont-elles réussi à faire cela ? Comment étaient-elles au courant des goûts et habitudes des insectes ?

Comment l'évolution a-t-elle pu sélectionner ces mécanismes qui permettent à la plante de séduire des pollinisateurs ? Quelle intelligence !

Cela repose essentiellement sur deux facettes.

D'une part, il faut récompenser son pollinisateur, c'est important parce que le récompenser, c'est s'assurer qu'il va revenir. La récompense est, en général, de petites sécrétions sucrées qui sortent par des glandes que l'on trouve souvent dans les fleurs, qui s'appellent les nectaires et donc qui secrètent un jus sucré, le nectar.

Certaines utilisent aussi le pollen et d'autres utilisent des huiles.

Le deuxième aspect important est qu'il faut que votre pollinisateur vous repère facilement.

S'il y a une prairie avec un champ, tout de suite, il faut qu'il puisse se diriger vers la plante qu'il aime bien et qu'il la reconnaisse. Et pour cela, il y a des tas de ruses.

Les plantes utilisent leurs pétales avec des formes, des couleurs, parfois même des effets d'illusion !

Ici vous voyez dessiner sur cette fleur, de petites tâches qui ressemblent à des insectes. L'insecte pourra venir sur cette plante parce qu'il a l'impression qu'il y a déjà un insecte posé dessus, peut-être une femelle.



Les plantes utilisent aussi les parfums, des parfums qui puent ou des parfums qui sentent bon. Elles utilisent parfois même la signature thermique : les températures différentes peuvent être sur la surface des pétales, ainsi se forme un dessin qui ne se fait pas avec des couleurs différentes mais avec des températures différentes. Et les insectes avec leurs pattes sont capables de reconnaître ces différences de température.

En gros, la plante à fleurs a vraiment innové pour tenter d'être attirante pour ces pollinisateurs mais également de lui apporter une récompense.

La perte de grains de pollen, par rapport à celle des conifères, est infime parce qu'ici, l'insecte va vraiment se poser toujours sur les mêmes espèces.

Souvent aussi, parce qu'elles ont une sorte d'insectes-binôme attachés à elles, les fleurs essaient d'effrayer les autres pollinisateurs, et donc il va se construire, de cette manière, un couple, un lien vraiment très ténu entre un insecte et une fleur.

Il y a même des cas où les fleurs vont synthétiser des molécules chimiques volatiles qui ressemblent aux phéromones utilisées par les insectes entre eux pour s'attirer.

COMMENT EXPLIQUER LE SUCCÈS DES PLANTES À FLEURS ?

La séduction des pollinisateurs

- Récompenser : nectar, pollen
- Être reconnue : forme, parfum, signature thermique

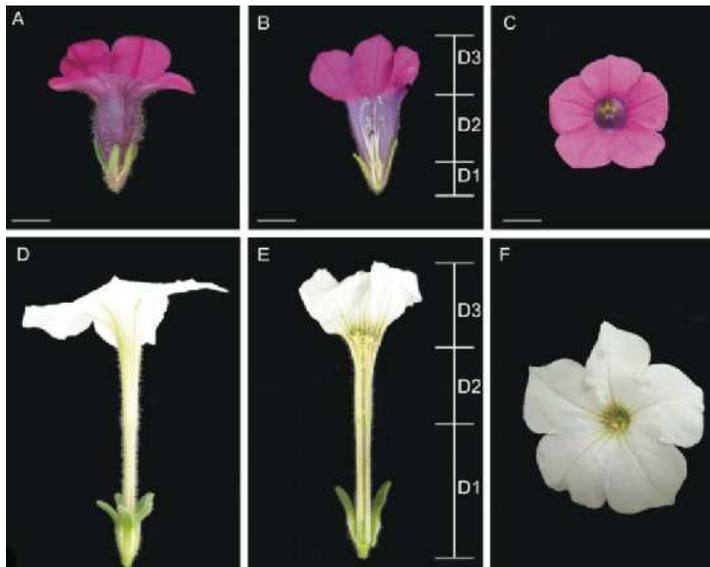


Toutes ces tactiques ont joué un rôle important dans le succès évolutif, mais également dans la diversification. Il y a vraiment une sophistication complètement incroyable.

Faut-il en conclure qu'il y a une forme d'intelligence chez la plante elle-même ou une autre intelligence derrière tout cela ?

Pour les biologistes, il n'y a évidemment rien de conscient et ni de volontaire dans tout cela. C'est darwinien : si cela marche mieux pour la reproduction, alors c'est conservé dans l'évolution.

Autre question : Pourquoi une telle diversification ?



Les pétunias ont des différences de couleurs et de formes, elles diffèrent selon leurs pollinisateurs.

Ci-dessus, la blanche a une fusion des pétales, ce qui fait qu'elle a un long tube et que le nectar se trouve au fond du tube. Donc l'insecte qui va polliniser cette fleur-là, a besoin d'une longue trompe et il se trouve que c'est ce papillon de nuit :



Et la fleur est blanche et parfumée car, la nuit, le blanc se voit encore le mieux, les couleurs chatoyantes ne sont pas nécessaires. Par contre, le parfum permet à l'insecte d'aller trouver sa cible, même s'il ne la voit pas.

En revanche, l'autre pétunia rose a aussi une fusion de pétales mais avec un cône beaucoup moins profond. Ce sera donc plutôt une abeille qui pollinera cette fleur. Et l'abeille pollinise de jour, elle va davantage être attirée par une couleur plus vive comme le rose.

On voit que, dans une même famille, se forme des couples fleur-insecte et, avec le temps, ces fleurs de même espèce vont petit à petit diverger et cela peut donner naissance à des lignées nouvelles.

Si ces pétunias se ressemblent tous, c'est qu'à une certaine époque, c'était une seule et même espèce. Quand vous regardez la classification des pétunias, la théorie darwinienne vous dit que, s'ils se ressemblent, ce n'est pas par hasard, c'est parce qu'ils ont une origine commune. Trois millions d'années en arrière, il y avait une seule espèce de pétunias.

C'est vrai pour toutes les familles.

La réponse à la question de la diversification est que c'est l'association entre les insectes et les plantes à fleurs qui a déclenché une diversification si rapide.

Petit à petit, il va y avoir des divergences du côté des plantes à fleurs créant de nouvelles espèces. Mais cela va créer aussi des différences du côté des insectes. C'est ce qu'on appelle la spéciation.

Qu'a-t-il eu en premier lieu : des plantes à fleurs ou des insectes ?

Car aucun des deux ne peut vivre sans l'autre ! Sont-ils apparus en même temps ?

Par hasard ?

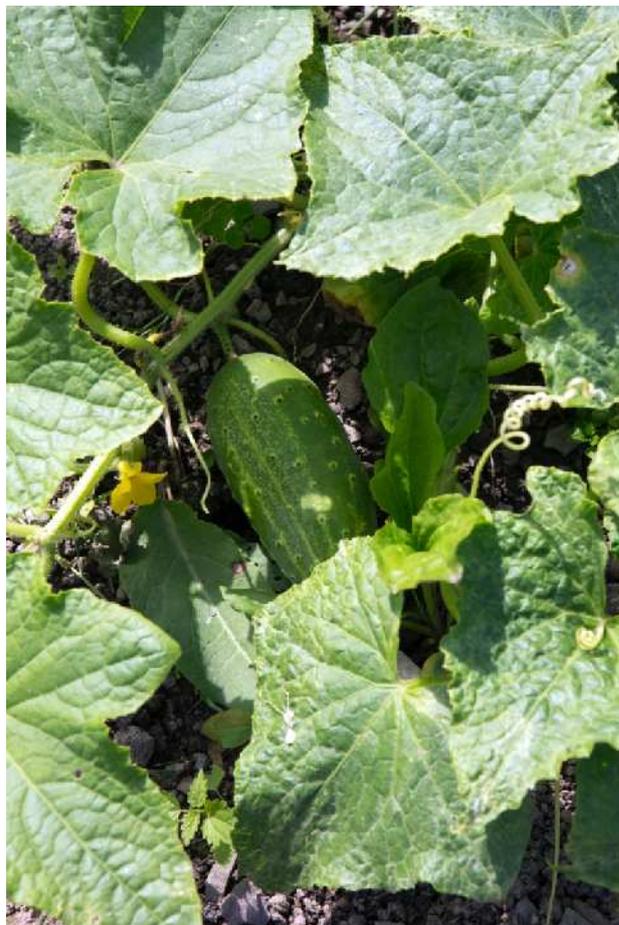
C'est le même paradoxe que celui de l'œuf et de la poule : qu'est-ce qui est apparu en premier : l'œuf ou la poule ?

Si on vous répond « C'est l'œuf », vous demandez « Mais qui a pondu cet œuf ? ».

Si on vous répond « C'est la poule », vous demandez « Mais cette poule sort bien d'un œuf, non ? ».

En analysant tout cela, on peut se poser une question : si, dans le futur, nos cultures ne sont plus visitées par les insectes (qui auront disparu à cause des pesticides), lorsque les fleurs arriveront à maturité, qui les fécondera ? Que mangerons-nous demain ?





**Depuis Darwin, a-t-on trouvé des informations sur les origines des plantes à fleurs ?
Où cela a-t-il débuté ?**

Si l'on prend toute la famille des plantes à fleurs, on peut faire un raisonnement. De proche en proche, on peut regarder quels sont les fleurs qui se ressemblent.

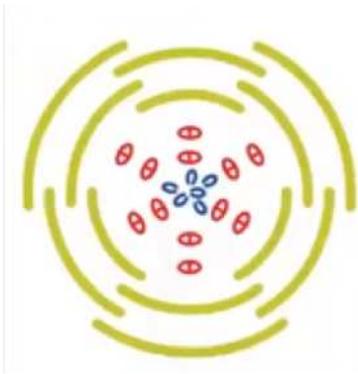
En faisant ce travail, on peut reconstruire l'arbre généalogique de toutes les plantes à fleurs. Ce qui est étonnant est que, si on inclut dans cet arbre, non seulement les plantes à fleurs mais également les gymnospermes, les conifères, ils ne sont pas intercalables, il n'y a rien de commun, c'est un groupe séparé.

Ce qui veut dire que, s'il y a une origine commune **unique** pour toutes les plantes à fleurs, alors il y a une implication logique : il existe un **endroit** dans le monde qu'on ne connaît pas, il existe un **moment** dans le monde qu'on ne connaît pas, où un beau jour est apparu une plante à fleurs par le fruit du hasard !

Et cette plante à fleurs s'est tellement adaptée à son environnement et s'est tellement diversifiée qu'elle a conquis la planète entière et qu'elle a créé 350 000 espèces de plantes à fleurs différentes. Tout cela découle d'un seul événement original puisque l'on n'a pas trouvé de fossiles évolutifs ! C'est quand même assez incroyable !

Une équipe internationale de chercheurs pense être parvenue à reconstituer en 3D l'apparence de la toute première fleur apparue sur Terre, il y a plus 140 millions d'années. Ils ont fait des calculs mathématiques assez sophistiqués pour parvenir à dessiner le portrait-robot de la toute première plante à fleurs.

Ce qu'ils ont trouvé au départ, c'est ce diagramme floral :



Selon leurs conclusions, elle devait ressembler un peu à un magnolia et était hermaphrodite.



Portrait- robot

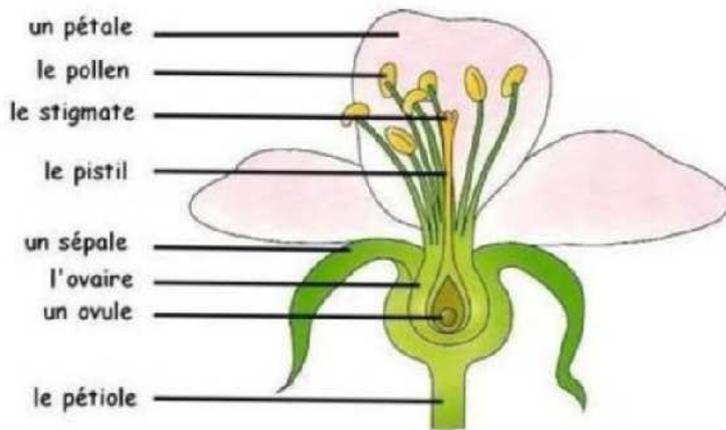
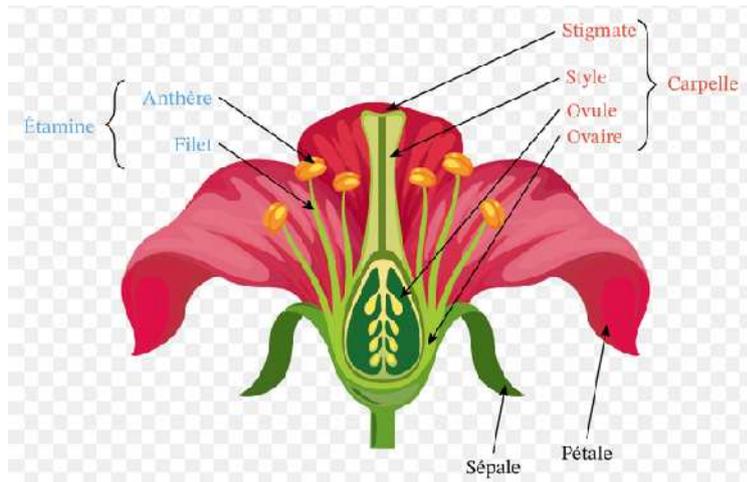


Le magnolia lui ressemble.

Rappelons que la principale caractéristique d'une plante « hermaphrodite » est qu'elle a des fleurs avec des organes sexuels des deux sexes. La plupart des fleurs actuelles sont hermaphrodites mais il y a quand même un pourcentage non négligeable qui est unisexué.

Les fleurs hermaphrodites se multiplient facilement puisqu'elles n'ont besoin de personne pour se reproduire, c'est un mécanisme important dans les environnements défavorables aux insectes ou animaux pollinisateurs. Certaines plantes hermaphrodites, de fait, ont recours fréquemment à l'autogamie, c'est-à-dire qu'elles se pollinisent elles-mêmes.

L'autogamie des plantes hermaphrodites peut être forcée, ou simplement coexister avec les méthodes de reproduction habituelles, de manière à améliorer les chances de survie de l'espèce sans sacrifier la variabilité génétique.



On peut se poser la question : l'hermaphrodisme est la manière la plus simple pour se reproduire. La plante est attenante au sol, elle doit se nourrir, se défendre, se reproduire. Et elle y arrive seule ! C'est quand même un sacré défi d'arriver à faire tout cela. Aussi, pourquoi les fleurs ne sont-elles pas toutes restées comme cela, à ce stade de l'autogamie ? Pourquoi se compliquer l'existence avec cette obligation de se trouver un partenaire de l'autre sexe ?



La « nature » a-t-elle compris qu'il fallait de la **diversité dans les gènes pour évoluer** ?
Comment appelle-t-on cela : de la réflexion, une vision du futur, de la connaissance, de l'intelligence ?

L'idée qui trotte dans la tête des chercheurs est que les fossiles que l'on a trouvés jusqu'à présent ne sont pas suffisants et que l'origine des plantes à fleurs est plus ancienne que ce que l'on croit. Peut-être que les premières plantes à fleurs fossilisaient très mal et que l'on ne les verra jamais ?

Pour comprendre le mécanisme des fleurs, on utilise l'approche génétique, c'est-à-dire on perturbe les gènes et on regarde la conséquence des perturbations.

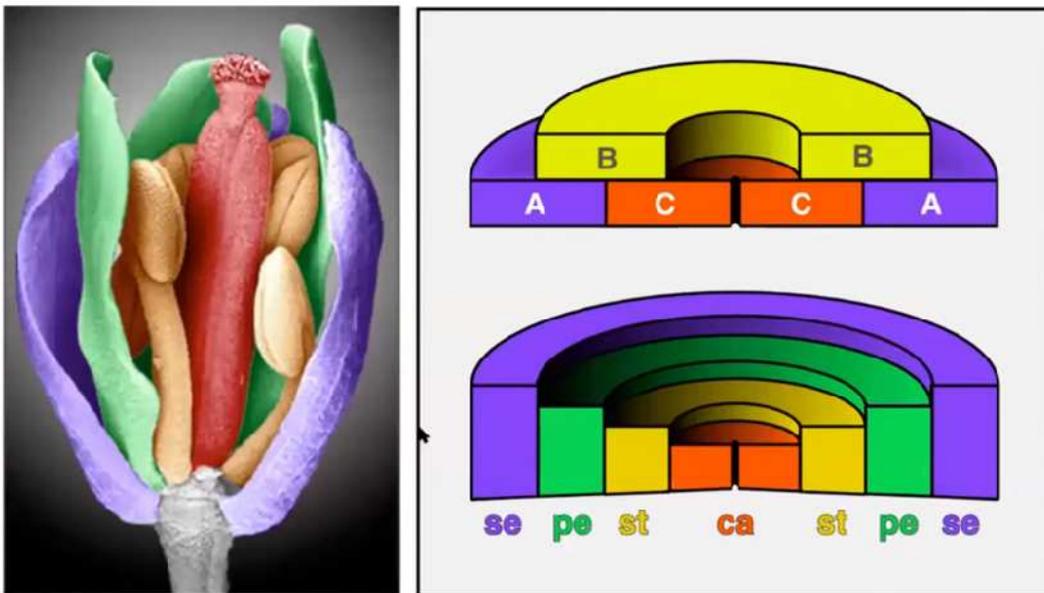
Typiquement, de cette manière, on trouve des plantes qui ne fleurissent pas à la bonne date, ou des plantes qui n'arrivent pas à faire les jeunes fleurs, ou des plantes qui font des fleurs mais qui n'ont pas les bons organes. Et ensuite, on remonte jusqu'au gène qui a été muté et on en déduit des choses sur l'importance de ce gène.

Par exemple, si on a une plante qui fleurit trop tard, on en déduit que le gène en question aide la plante à fleurir. Quand il ne fonctionne pas, elle a du mal à fleurir.

Ou alors une plante qui ne sait pas faire de fleurs et qui fait des choux fleurs à la place. Eh oui, le chou-fleur, c'est un petit mutant floral ! C'est une inflorescence qui bégaye mais qui n'arrive pas à les faire.

Tout cela a été très étudié. On en a déduit le « modèle abc » du langage des fleurs qui explique qu'elle est la recette de chacun des organes de la fleur. Comment est déterminée l'identité, la nature, de chacun des organes floraux.

LE MODÈLE ABC



Ce que les chercheurs ont découvert, c'est qu'en fait, les organes de la fleur étaient déterminés, par trois activités que l'on appelle simplement ABC. C'est leur code ADN, en quelque sorte.

Ce que nous dit le modèle ABC est que la nature des organes qui se forment dépend de la combinaison de ces 3 activités.

Si on n'a que du A, on fait des sépales.

Si on a du A+B, on fait des pétales.

Si on a du B+C, on fait des étamines.

Si on a du C tout seul, on fait des carpelles.

La base est donc très simple.

C'est la recette, c'est le langage des organes floraux.

Goethe qui était à la fois poète, philosophe et aussi naturaliste, avait proposé que tous les organes floraux soient, en fait, des sortes de feuilles modifiées.

En 1790, il a fait la prédiction qu'en fait, une fleur et une tige, c'était un peu la même chose.

Deux cents ans après, année pour année, en 1990, on a effectivement des preuves génétiques très fortes qu'une tige ou une fleur, c'est un peu pareil.

Que les mécanismes qui les forment, se ressemblent beaucoup et qu'une feuille ou un organe floral : sépales, pétales, étamines, pistil se ressemblent quelque peu, il suffit de quelques protéines de différence pour transformer une feuille en pétale ou même une feuille en étamine.

Et en laboratoire, ce que l'on voit, aujourd'hui, est que, si on enlève les activités ABC, on transforme les fleurs en petite couronne de feuilles. Mais attention, elles sont toujours disposées en couronne et pas en spirale.

TRIPLE MUTANT A- B- C-

La prévision de Goethe dans « Die Versuchung der Metamorphose zu erklären (1790) » :

Les organes floraux sont des « feuilles » modifiées



Mais, par contre, elles ont perdu leur identité.

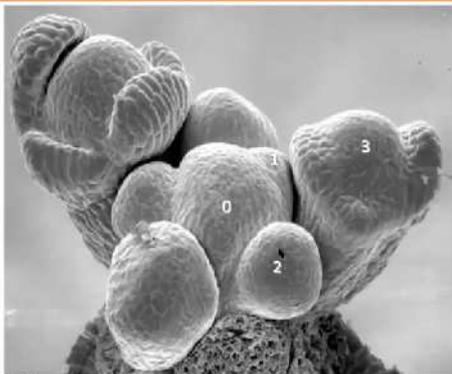
Donc le nombre est correct, la position est correcte, mais l'identité n'y est plus.

Avec un super microscope que l'on appelle un microscope électronique à balayage, on a pu comprendre comment les fleurs se forment : l'embryogenèse de la fleur. On peut donc aussi voir les différents stades de leur formation, en suivant leur évolution, comme en morphogénèse pour les mammifères.

Quelques images d'une grande qualité, prises avec cet appareil électronique :

Au début, c'est microscopique puis tout va grandir jusqu'à devenir visible à l'œil nu.

LE DÉVELOPPEMENT DES FLEURS VU DE TRÈS PRÈS !

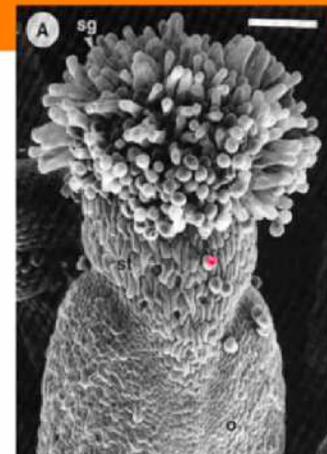


Photos Atlas John Bowman

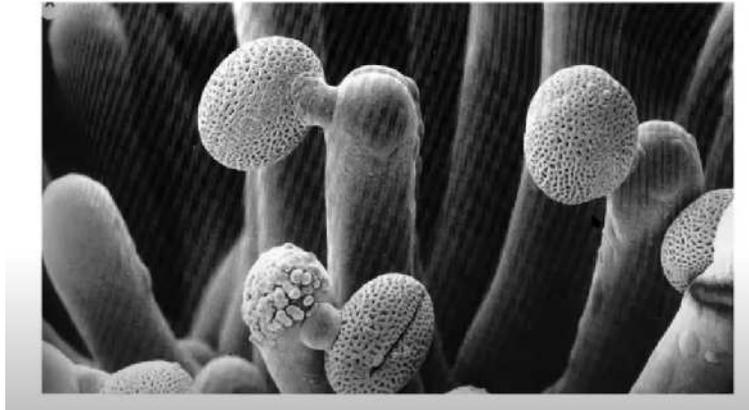
EMBOSSING PAPERS - LA NAISSANCE DES FLEURS - MUSEUM GENEVE - 28 Avril 2011

Sommet du pistil

Papilles stigmatiques



GERMINATION DU POLLEN



Aujourd'hui les chercheurs ont bien compris le principe et peuvent manipuler ou changer les choses à souhaiter.

Comme nous l'avons vu, il y aurait eu une première fleur sur Terre et ensuite, elle se serait diversifiée. Ce qui veut dire qu'il y aurait des choses communes entre toutes les fleurs, parce que, ayant un ancêtre commun, des tas de points communs entre toutes les fleurs existent sur Terre, elles ont une histoire commune.

Et, de fait, les gènes ABC sont actifs dans toutes les fleurs pour faire des étamines, pour faire des carpelles, pour faire des pétales. C'est toujours les mêmes gènes B et C mais le A est un peu plus variable.

On a aussi, depuis peu de temps, compris les extraordinaires orchidées.

On s'est rendu compte que, normalement, il y a le gène B qui fait les pétales.

Mais, chez les orchidées, il y a B1, B2, B3.

Les gènes se sont dupliqués, se sont copiés et ont commencé à varier un petit peu. Et selon que le pétale est activé par l'un des B, la forme du pétale sera différente.

On sait qu'à l'origine, les orchidées n'étaient pas aussi sophistiquées qu'elles ne le sont aujourd'hui, elles avaient six pétales, comme la première fleur jaune présentée sur ce tableau ci-dessous :



Mondragon Palomino & Theissen (Annals Bot, 2009)

Puis, petit à petit, il y a eu des divergences et celles-ci ont conduit à une explosion de diversité dans la famille des orchidées, plusieurs dizaines de milliers de fleurs différentes.

Récemment il y a eu la découverte du fameux « labelle » qui peut être si différent : une pièce florale constituant le troisième pétale médian de la fleur. Il est de forme, de taille et de couleurs très variées selon les espèces. Sa fonction biologique serait essentiellement d'attirer l'insecte pollinisateur et de lui procurer une plateforme d'atterrissage.



Je me demande à qui sont adressées ces formes d'orchidées ?







Que penser des mutations ?

La **génétique utilise les mutations**, c'est sa base.

Ce mot « mutation » doit être dédramatiser, selon l'avis des biologistes, parce qu'en fait, s'il n'y avait pas de mutation, il n'y aurait pas de vie sur Terre. C'est la mutation qui crée la diversité, l'évolution de la vie.

La mutation est quelque chose de très naturel qui se produit avec les radiations du soleil, des petites erreurs dans la duplication des cellules.

On a découvert que si l'on perturbe les **plantes par des radiations**, les modifications observées étaient **héréditaires**. C'est la base de la génétique c'est-à-dire des mutations introduites, artificiellement ou pas, vont être transmises de génération en génération.

Mais, petite parenthèse, les hommes y vont un peu fort.

On utilise des agents mutagènes qui peuvent être des substances chimiques ou des rayons.

Parfois on obtient une plante qui est une abomination, qui va avoir des étamines à la place des carpelles, cela veut dire une interversion des organes sexuels.

Ou, comme ici, une fleur qui pousse à l'intérieur d'une autre fleur.



En comparant à l'animal, ce serait plus spectaculaire, cela correspondrait à avoir un corps dans un autre corps !

Mais chez une plante, après tout, ce n'est pas très choquant ! On s'identifie beaucoup moins aux plantes. On les coupe, on les mange, cela ne nous pose absolument aucun problème. On pense qu'il n'y a pas de système nerveux, qu'il n'y a pas de souffrance. Donc, c'est vrai que, quand on fait la génétique des plantes, on ne tient pas compte du fait que l'on va créer certaines choses qui pourraient paraître comme des horreurs si elles avaient été faites chez les mammifères.

Quand on utilise la génétique sur les insectes, par exemple, sur la petite mouche du vinaigre, on fait les mêmes horreurs. On a des mouches qui ont des antennes remplacées par des pattes, par exemple, et cela ne nous perturbe pas trop parce que c'est une mouche, ce n'est pas un organisme de type mammifère qui a une proximité avec l'être humain assez fort pour qu'on s'en préoccupe...

L'homme est un apprenti-sorcier.

En général, la **nature va plutôt vers la diversification**.

La création des espèces est justement l'isolement reproductif c'est-à-dire que l'on va avoir des plantes qui vont se trouver dans un contexte où elles ont seulement un insecte qui les aide à la pollinisation et donc elles ne se croisent plus avec les autres plantes et, petit à petit, elles divergent.

C'est donc le contraire de la globalisation, chère à l'humanité actuelle !

L'agriculture vise à une homogénéisation : on veut des graines qui germent en même temps, des plantes qui fleurissent en même temps, qu'on récolte en même temps et on couvre des surfaces gigantesques avec les mêmes plantes.

On agit de la même façon avec les animaux comme les vaches, par exemple. Le nombre de vaches aujourd'hui sur Terre dépasse très largement les mammifères sauvages.

Avec les plantes, c'est pareil. Les champs de blé, de riz sont absolument gigantesques.

Est-ce que, pour autant, les plantes sauvages prendront la direction de devenir homogènes.

Cela prendra du temps, à une échelle qui dépasse celle que l'homme est en train d'imprimer sur la planète, ce sera dans des milliers d'années. Il y aura des dégâts mais les plantes vont s'en sortir.

Il y aura encore des plantes sur Terre dans un million d'années mais cette flore n'aura plus grand chose à voir avec celle d'aujourd'hui.



Nous l'avons vu, le fait **d'être hermaphrodite pour les plantes à fleurs**, c'est la norme, c'est naturel.

Par exemple, chez les plantes de courges, certaines possèdent :
des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites,
d'autres ont des fleurs femelles et des fleurs hermaphrodites,
et d'autres encore, n'ont que des fleurs hermaphrodites.

En comparaison, si l'on analyse les personnes transgenres, avec les yeux d'un botaniste, on conclura que tout est normal, il n'y a absolument pas certaines choses qui sont considérées comme des déviations « contre-nature », changer de sexe n'a rien de spécialement choquant. Chez une plante, un changement de sexe peut se produire avec des hormones, par exemple. L'éthylène provoque le changement de sexe d'une fleur, c'est simplement l'application d'une hormone.

Cette diversité des formes de vie devrait nous donner du recul sur notre propre culture, nos dogmes. Quand on connaît bien le monde vivant, même si c'est par la lorgnette végétale, la façon dont nous regardons l'évolution des espèces devrait être complètement différente.

Continuons sur le même thème.

Autre discordance, sur ce qui est contre-nature : l'homosexualité.

Dans l'histoire, l'homosexualité a longtemps été présentée comme un vice punissable, honteux.

Ceux qui s'y opposent ou s'y sont opposés, notamment les religieux, avaient, entre autres, un argument qu'ils estimaient infaillible : si l'homosexualité entre les animaux n'existe pas, c'est bien la preuve que les humains ne devraient pas s'adonner à cet amour contre-nature. Un raisonnement éclairé qui ne brille que par son inexactitude.

La sexualité des animaux est une thématique pleine de mystères, et parfois un peu taboue.

Les biologistes ont tenté de répondre à cette question : si l'objectif des espèces est de se reproduire afin d'assurer leur descendance, existe-t-il des animaux homosexuels dans la nature ?

L'éthologue Fleur Daugey qui étudie ces comportements, affirme :

« L'homosexualité a été observée chez 1 500 espèces et étudiée scientifiquement sur 500 espèces ».

L'homosexualité chez les animaux sauvages est assez fréquente, et certains animaux choisiraient même d'avoir des relations homosexuelles, plutôt qu'avec un individu du sexe opposé, alors même qu'ils ont le choix. Selon l'experte, la majorité des animaux ne sont ni strictement homosexuels, ni hétérosexuels, mais plutôt bisexuels.

L'accouplement entre individus du même sexe est très répandu dans le règne animal.

Quand on l'a observé pour la première fois, en partant du principe que cela ne peut exister, cela a chamboulé un tantinet les idées préconçues.

En 1834 par exemple, l'entomologiste August Kelch a eu toutes les peines du monde à expliquer les relations sexuelles de deux mâles hannetons qui s'en donnaient à cœur joie devant ses yeux stupéfaits. Finalement, il en a conclu qu'il devait s'agir là d'un acte de viol, où « le plus grand et le plus fort des deux s'était imposé au plus petit et au plus faible ».

Une belle pirouette, démontée quelques décennies plus tard par des scientifiques sans œillères.

Depuis les premières observations d'accouplement entre animaux du même sexe, la science a bien évolué sur le sujet. La sexualité des animaux est une thématique pleine de mystères, et encore parfois un peu prohibée.

Aujourd'hui, plus de 1.500 espèces différentes ont été vues ayant une activité homosexuelle.

Ces relations sont normales, courantes et varient du tout au tout.

La sexualité animale n'est pas qu'une simple affaire de reproduction. L'évolution n'a pas privilégié l'hétérosexualité, et encore moins à seule fin de se reproduire. Au contraire, toutes les formes d'amours sont dans la nature. Et cela depuis l'aube des temps !

Des dauphins bisexuels, des albatros, des manchots ou encore des crabes homosexuels ; des vaches qui s'adonnent au plaisir du cunnilingus ; des ours à celui de la fellation sans oublier la masturbation, les relations inter espèces, l'infidélité, les ménages à trois, voire les harems !

Contrairement à une idée reçue tenace, l'humain est loin d'être la seule espèce pour laquelle la sexualité ne se limite pas à la reproduction. Dans la nature aussi, on trouve de multiples exemples de comportements s'apparentant plus à des pratiques sociales et culturelles qu'à des actes destinés à assurer la pérennité des espèces. Bienvenue dans un monde à l'inventivité érotique sans borne.

Parmi les espèces animales très appréciées du grand public se trouve le **dauphin**. Ces grands mammifères sociaux vivent en groupes. Les cas d'homosexualité y sont fréquents, que ce soit entre mâles ou entre femelles. Certains couples homosexuels durent même toute la vie, les dauphins ayant une longévité d'environ 60 ans, ils peuvent donc former des couples de très longue durée.

Le **cygne** noir australien est un exemple d'homoparentalité à succès. Chez cette espèce, les couples de mâles récupèrent des œufs qui ne sont pas encore couvés. Ils vont ensuite les couvrir, puis s'occuper des petits. Leur succès reproducteur est souvent plus important qu'un couple hétérosexuel. La raison : chez cette espèce, ce sont les mâles qui contrôlent les territoires. Un couple de deux mâles a donc un territoire beaucoup plus grand, ce qui signifie plus de nourriture pour leurs rejetons.

Tout comme ces cygnes, les **manchots** sont connus pour entretenir des relations homosexuelles, et pour élever des petits. De nombreux cas ont été documentés dans les parcs animaliers, et dans la nature. Les manchots étant des animaux fidèles, ils font partie des animaux qui restent en couple toute leur vie, ce qui est très rare dans le monde animal.

Même le roi des animaux, le **lion**, peut s'adonner à des relations avec des individus de même sexe. Les scientifiques rapportent ainsi que 8% des actes sexuels chez les lions sont de nature homosexuelle.

Les **girafes** sont connues pour leur taille impressionnante. Mais saviez-vous que ces géantes sont bisexuelles ? Selon le biologiste Günter Strauss, 90% des actes observés sont de nature homosexuelle dans certains groupes.

Le **bonobo** est l'un de nos plus proches cousins. Ce primate possède en effet 98.7% d'ADN en commun avec l'homme. Outre cette proximité génétique, l'espèce est connue pour sa sexualité débridée. Le sexe est utilisé pour apaiser les tensions entre membres du groupe. Les singes s'adonnent à la masturbation et ont des rapports sexuels fréquents en dehors de toute volonté reproductive. Entre mâles et femelles ou individus du même sexe, le sexe est la solution à tout chez les bonobos ! Ils sont adeptes du "sexe convivial" dont l'objectif est avant tout social. Ces accouplements sont destinés à résoudre les conflits, par exemple en apaisant un individu agressif ou si une rivalité éclate entre deux membres de la communauté.

Pour le père de la théorie de l'évolution, Charles Darwin, la sélection sexuelle est l'un des moteurs du changement évolutif, et seule l'hétérosexualité, qui conduit à la fécondation, y contribue. Aussi une sexualité animale débridée perturbe ce schéma trop parfait. Les comportements d'autostimulation entre individus du même sexe, avec des objets, des espèces différentes, voire des cadavres – la littérature fait état d'un cas de canard nécrophile – ne sont en aucun cas anecdotiques.

« Et voilà qu'un processus non darwinien, l'exubérance de l'évolution, le gaspillage des comportements, devient important », affirme Thierry Lodé, spécialiste de la sexualité des animaux au laboratoire d'éthologie animale et humaine de l'université de Rennes. Car, loin de n'être observés que chez les individus captifs ou dans les laboratoires, ces comportements sexuels regorgent dans les populations sauvages, et dans une myriade de conditions écologiques. Max Lambert, spécialiste de biodiversité au département des sciences environnementales de l'université de Californie, à Berkeley, relate que des scientifiques admettaient qu'ils excluaient de leurs recherches et de leurs données les observations de comportements homosexuels parce qu'ils avaient honte, ou qu'ils les trouvaient incorrects ».

Pourtant, il suffit de regarder la nature pour s'apercevoir que tout ne tourne pas autour de la reproduction, y compris au sein des « couples hétérosexuels ». La preuve en est donnée par la mante religieuse qui, loin d'offrir au mâle autant de petits qu'il l'espère, préfère le décapiter. Ou par le lion, prêt à tuer ses lionceaux pour rendre ses femelles à nouveau fertiles et consentantes.

« L'hétérosexualité peut conduire à nuire à son partenaire, voire à sa descendance, ce qui est un comble ! Le sexe n'a donc plus rien à voir avec la réalité de la reproduction », affirme Thierry Lodé.

En d'autres termes, si l'évolution autorise de tels comportements, c'est qu'une sexualité, libérée de la simple finalité de la reproduction, présenterait in fine un énorme intérêt pour ladite

évolution. Un paradoxe qui peut être résolu en considérant que des pratiques aussi diverses seraient aussi vieilles que la sexualité elle-même puisque tout simplement utiles, voire indispensables ! Max Lambert en est convaincu :

« L'homosexualité est tellement répandue au sein des espèces aujourd'hui qu'elle ne doit pas être si 'coûteuse' du point de vue de l'évolution, et a donc été facilement maintenue depuis les origines des animaux sexués jusqu'à la brillante gamme d'espèces actuelles. Toute la complexité évolutive supplémentaire signifie que les premiers organismes qui ont exprimé des comportements sexuels n'ont probablement pas discriminé avec qui ils les ont exprimés ».

En clair : ils s'accouplaient sans savoir avec qui. Selon cette théorie, le sexe ne doit donc plus être considéré comme une solution, ayant comme objectif unique la reproduction, mais comme une interaction primitive génératrice de partage, de diversité et, pourquoi pas, d'amour peut-être. « Quand un écureuil d'une espèce cherche à séduire un écureuil d'une autre espèce, il ne cherche pas les meilleurs gènes, il cherche autre chose... Le coût de la rencontre passe par la recherche de la différence ».

« Au cours de l'évolution, des milliards de tentatives différentes ont été faites et chaque sexualité, chaque comportement apporte son lot de petits écarts et de variations qui vont permettre, petit à petit, de favoriser autre chose », détaille le biologiste.

Autrement dit, plus la diversité augmente, plus la stabilité et la résilience augmentent.

« Si les poissons ont inventé l'idée que les mâles se transforment en femelles, c'est tout simplement parce qu'il n'y a pas une détermination sexuelle absolue. On commence d'abord par chercher à se plaire, et si ça marche, on va chercher à se reproduire », poursuit Thierry Lodé. Cette théorie qui appelle à des sexualités diverses dans tout le règne animal, y compris des homosexualités, semble coller avec les observations.

« L'essence de l'exubérance biologique réside dans le fait que les systèmes naturels sont autant animés par l'abondance et l'excès que par la limitation et le pragmatisme », écrit Bruce Bagemihl. Des amours libres, en quelque sorte, qui offrent une hypothèse au maintien de comportements homosexuels ou autres, non tournés vers la reproduction au sein des populations. La sexualité animale est donc plus voluptueuse qu'on ne l'imaginait. Et depuis ses origines primitives, elle privilégierait la recherche de la découverte, de la nouveauté, de la biodiversité, à la finalité de la reproduction. Non seulement l'humain n'est peut-être pas l'espèce à la sexualité la plus débridée. Mais il peut, en plus, se dire que c'est pour le bien de l'évolution ! La diversité, c'est la vie.

Tous les amours sont dans la nature.





Toute la nature, dans son sens le plus large, évolue depuis la nuit des temps, se transforme et cela fonctionne. Elle semble atteindre la perfection.

Ce n'est donc vraiment pas la peine de chercher à obtenir « la » plante la plus performante, nous avons besoin d'un écosystème très diversifié. La nature en a besoin. Tout le monde trouve sa place, il n'y a pas de choses meilleures que d'autres, plus adaptées que d'autres. Si l'environnement perd sa disparité, on se rendra compte que ce qui nous semblait peu adapté, peu performant, était essentiel.

La mutation génétique, les OGM :

Le message des chercheurs en physiologie cellulaire et végétale est de ne pas avoir peur de cette nouvelle technologie et de s'en servir pour avoir une agriculture plus respectueuse de l'environnement et plus adaptée. Certains facteurs vont devenir interdits, ceux que l'on appelle les intrants : les engrais, les pesticides, et c'est une bonne chose. De plus, l'eau va devenir une denrée rare et limitée. Il faudra donc s'appuyer aussi sur les OGM bio.

C'est le futur, ce n'est pas du tout incompatible avec l'écologie. Au contraire, c'est parfaitement compatible.

Bien sûr, il faut aussi cultiver de façon différente, passer des monocultures à des cultures plus mélangées avec des plantes qui vont aider à éliminer certains insectes ravageurs. On peut faire des tas de choses, par exemple, avec la permaculture (nous l'avons analysée en détails dans le 2^e chapitre).

La technologie évolue et aujourd'hui on a des façons magnifiques de modifier les gènes, on peut faire du bio avec des plantes génétiquement modifiées. C'est ce qu'a toujours fait la nature depuis la nuit des temps pour s'adapter, selon les circonstances.

Si l'on a l'ouverture d'esprit, c'est cela le futur de notre agriculture. Faire des OGM pour certaines utilisations, pas dans leur globalité.

Et bien sûr, pas dans le but de rendre les plantes stériles et ainsi obliger les agriculteurs à racheter chaque année !

« Dans le domaine de l'amélioration des plantes, quand on est baigné dedans, les connaissances des biologistes, de plus en plus concernés par l'écologie, peuvent nous aider à prendre des décisions salutaires ».

En Ourdou, une langue pakistanaise, il existe une expression pour exprimer que l'on est heureux :

« Mon cœur s'est transformé en jardin »...





