

Chapitre 9 : Reproduction de la plante, entre vie fixée et mobilité

La reproduction sexuée est l'une des grandes fonctions du vivant (avec la fonction de nutrition et la fonction de relation). Elle se caractérise par la formation de **gamètes**, issus d'une **méiose**, puis d'une rencontre des gamètes aboutissant à la **fécondation** et à la formation d'un nouvel individu génétiquement différent.

Les Angiospermes vivent de façon fixée, mais cela n'empêche pas la reproduction sexuée, ni la colonisation de nouveaux milieux. Cela sous-entend qu'au moins un des deux gamètes est transporté jusqu'à l'autre, et que les descendants peuvent aussi être transportés à distance.

**reproduction : de produire avec le préfixe re-, du latin producere, de pro- (« devant, avant ») ducere (« conduire »), action de reconstruire, de recréer.*

Comment se reproduisent les Angiospermes ? Quelles modalités permettent la rencontre des gamètes ? Et que deviennent les cellules-œufs constituées ?

I) Les organes de la reproduction sexuée chez les Angiospermes

discussion sur la description de von Linné (métaphore filée du mariage)

A) Description de l'appareil reproducteur d'une Angiosperme

Chez les Angiospermes, la formation de gamètes se réalise dans la fleur, qui est donc la structure reproductrice. Celle-ci se constitue, de façon théorique :

- d'une couronne de sépales (= le calice) ;
- d'une couronne de pétales (= la corolle) ;
- d'étamines, formées par des anthères reliées par un filet ;
- d'un pistil, constitué d'un stigmate, d'un style et de carpelles* contenant les ovules (3 pour la tulipe sur la photo).

A la base de la fleur, à la limite avec la tige qui la porte, une petite feuille est souvent présente : c'est la bractée.

**carpelle : du grec ancien καρπός, karpós « le fruit » ; c'est une enveloppe protectrice d'origine foliacée enfermant les ovules chez les Angiospermes. Le groupement des carpelles constitue le pistil. Le carpelle se transforme en fruit après la fécondation.*

On peut donc distinguer dans une fleur des **parties stériles** (sépales, pétales) et des **parties fertiles** (étamines, carpelles). De plus, les fleurs peuvent être regroupées en **inflorescence**, comme la jacinthe ; dans certains cas, cette inflorescence mime une fleur, comme dans la famille des Astéracées (pissenlit) ou des Apiacées (carotte sauvage, angélique).

Définition : la fleur correspond à un ensemble de feuilles modifiées, en enveloppe florale et en organe sexuel, disposées sur un réceptacle. Un pédoncule la relie à la tige. Une bractée,

sorte de petite feuille, est souvent présente à la base des fleurs, au point d'attache du pédoncule sur la tige. (D'après Télébotanica)

La majorité des Angiospermes possède des fleurs **hermaphrodites**, mais certaines peuvent être **dioïques** (avec des plants soit mâles soit femelles, comme le houx, le kiwi, le palmier-dattier,...environ 6 % des Angiospermes) ou **monoïques** (avec des fleurs mâles ou femelles sur le même pied, comme la famille des Cucurbitacées, les bégonias,...environ 7 % des Angiospermes).

B) Localisation des gamètes dans les parties fertiles

1) gamètes mâles

Les gamètes mâles sont présents dans les grains de **pollen*** issus de la méiose qui s'est déroulée dans les sacs polliniques des anthères. Le grain de pollen contient en général plusieurs cellules haploïdes, l'une volumineuse contenant des réserves, et la plus petite étant le gamète. Il possède une double enveloppe :

- l'enveloppe externe, **l'exine**, très riche en tannins (et très résistante), plus ou moins ornementée ; des pores (ou apertures) ponctuent cette enveloppe ;
- et l'enveloppe interne, **l'intine**, riche en cellulose.

**pollen : du grec πάλη « palè » : farine ou poussière ; il constitue, chez les Angiospermes l'élément mobile mâle produit par la fleur : ce sont des grains de 20 à 55 µm de diamètre en général, de forme plus ou moins ovoïde, formés dans l'anthère à l'extrémité des étamines.*

La polenta est une préparation culinaire réalisée à partir de farine de maïs.

2) Les gamètes femelles

Les gamètes femelles sont contenus à la base des pistils, dans des feuilles modifiées appelées **carpelles** ayant un rôle **d'ovaires**. Ceux-ci contiennent les **ovules**, qui sont des structures pluricellulaires contenant notamment des réserves (le nucelle, diploïde) entourant un **sac embryonnaire** (haploïde) pluricellulaire et contenant le gamète femelle.

Comment ces gamètes se rencontrent-ils ?

II) De la fleur au fruit : le déroulement de la reproduction végétale

La taille réduite et l'organisation compacte d'un grain de pollen permettent son **déplacement**, par différents moyens, éventuellement sur de longues distances, jusqu'aux ovules.

A) Le rapprochement des gamètes : une phase de mobilité du gamète mâle

gamète : du grec ancien γαμέτης, gamétês « époux » ; par dérivation, le suffixe - **gamie signifie mariage.*

1) L'anémogamie : autant en emporte le vent

Pour certaines plantes comme les Poacées (ex-Graminées), certaines espèces comme les chênes, saules,...les fleurs sont de taille très réduites, et les grains de pollen sont lisses et

libérés simplement à maturité dans l'atmosphère : ils sont alors transportés par le **vent** au hasard des directions. Les stigmates sont souvent longs et plumeux permettant d'attraper les grains de pollen.

Cette stratégie, économe sur la réalisation de la fleur, est énergétiquement coûteuse par l'énorme quantité de grains de pollen conçue.

2) La zoogamie ou le recours à un organisme tiers

Dans ce cas, ce sont des animaux qui permettent le transport du pollen : le plus souvent, ce sont des insectes (hyménoptères ou lépidoptères : on parle alors d'**entomogamie**), mais cela peut-être aussi des oiseaux (colibris), des mammifères (petits marsupiaux, chauve-souris) : ce transport est le plus souvent **passif**, se réalisant à l'insu du transporteur, qui est attiré vers la fleur par une récompense sous forme d'une goutte de **nectar** (issu de la sève élaborée) qui sort à la base des pétales. Cette production est de l'ordre du μL à mL selon le temps (heure ou jour), et elle est permanente, ce qui permet à plusieurs insectes de se succéder dans la fleur au cours de sa courte vie. De plus, des molécules odorantes ou des couleurs de pétales peuvent augmenter l'attraction de transporteurs actifs ou passifs de pollen.

*Chez les abeilles, ce nectar est récolté et stocké dans le jabot (poche dans l'œsophage), puis régurgité dans la ruche et transféré d'abeille à abeille par **trophallaxie**, ce qui permet d'en augmenter la teneur en sucres et de transformer ceux-ci avec les enzymes salivaires, jusqu'à le stocker dans une alvéole, donnant le miel. Prélèvement aussi du pollen pour nourrir la ruche (apport de protéines et de lipides complémentaires du nectar sucré).*

Certaines fleurs, comme les sauges, ont des étamines mobiles, « à pédale », qui déposent le pollen sur l'abdomen dorsal de l'insecte visiteur ([document 5 page 251](#)).

Grâce à ces transporteurs, le pollen est pris en charge sur une fleur et déposé sur le stigmate d'une autre fleur, ce qui favorise la **fécondation croisée**.

B) L'autogamie ou l'allogamie ?

Les fleurs sont souvent hermaphrodites, ce qui facilite à *priori* l'**autogamie** (= fécondation par le pollen de la même fleur) ; toutefois, il s'avère que ce cas n'est pas fréquent chez les Angiospermes, même s'il reste possible en plus de l'**allogamie** (fécondation par le pollen d'une autre plante), quand celle-ci a échoué (trop d'humidité, absence de pollinisateurs).

Par exemple, certaines orchidées comme l'ophrys abeille (*Ophrys apifera*, Huds) attirent les abeilles mâles par la libération de molécules odorantes mimant les femelles, et par leur labelle que les mâles prennent pour une femelle ; mais en cas d'absence de fécondation, les pollinies s'abaissent jusqu'à toucher le stigmate, ce qui permet une autogamie.

L'autogamie possible du pois a permis à G.Mendel de réaliser ses expériences et de comprendre la transmission des caractères...cf. chapitre 4.

La violette (*Viola odorata*, L.) réalise la cléistogamie* en fin d'été, avec de petites fleurs vert-jaunâtre qui ne s'ouvrent pas et sont donc obligatoirement autogames.

**cléistogamie : du grec ancien κλειστός, kleistós (« fermé »).*

L'**allogamie** est donc la modalité la plus fréquente chez les Angiospermes, et elle est privilégiée de différentes façons.

1) L'incompatibilité génétique

Ce processus est le plus fréquent pour empêcher l'autogamie ; si le grain de pollen qui se dépose sur le stigmate présente trop de similitudes génétiques, il ne peut germer (par non hydratation par le stigmate), ou le tube pollinique ne peut progresser dans le stigmate.

2) La maturité différenciée

Certains organes mûrissent avant les autres de la même fleur ; c'est le cas des géraniums (*Geranium sp.*, L.) dont les étamines sont mûres et flétrissent avant que les pistils ne soient mûrs à leur tour, ou le noisetier (*Corylus avellana*, L.) pour qui c'est l'inverse.

3) Une morphologie en opposition des pièces fertiles

Chez la primevère commune (*Primula vulgaris*, L.), il existe des fleurs à style long et étamines courtes, ou à style court et étamines longues, ce qui empêche l'autofécondation.

C) Les modalités de la fécondation

Par différents moyens, le grain de pollen est donc entraîné jusqu'au stigmate, où il germe et produit un tube pollinique (à partir des réserves de la cellule qui n'est pas le gamète) qui atteint les ovules. La fécondation se produit après la fusion des deux gamètes, et donne naissance à un zygote, **nouveau génotype**, qui se forme dans l'ovule donnant une **graine**.

La graine est donc constituée par une partie génétiquement nouvelle, l'embryon et par une partie issue de la plante-mère, avec des réserves et des enveloppes protectrices formant le tégument. Sitôt la fécondation réalisée, cette graine réduit son métabolisme et se déshydrate : elle entre en **dormance***.

**dormance : dérivé récent (20^{ème} siècle) de dormir ; se dit d'une forme de vie ralentie.*

En parallèle, le reste du carpelle (ovaire) se transforme en **fruit**, pouvant contenir des réserves (fruit charnu, comme la cerise, la pêche,...) ou non (fruit sec, comme le coquelicot, les gousses de Fabacées,...). (cf. document 1 page 252).

Ne pas confondre les réserves de la graine et celles du fruit !

III) La dissémination des graines, une nouvelle phase de mobilité

A) Les stratégies de dissémination des graines

1) La barochorie*

Cette stratégie de dissémination des graines existe chez le marronnier (*Aesculus hippocastanum*, L.), le châtaignier (*Castanea sativa*, L.), les chênes (*Quercus sp.*),...mais de façon non exclusive ; elle permet aux graines de germer à proximité de la plante mère, où les

conditions sont bonnes (qualité des sols : profondeur, humidité) ; toutefois, très peu de graines pourront germer, car elles seront aussi en concurrence avec la plante mère pour les ressources.

**barochorie : du préfixe baro- qui vient du grec ancien βάρος, baros « pesanteur » impliquant une idée de gravité, auquel est ajouté le suffixe -chore « emplacement ».*

2) L'anémochorie

La dissémination de la graine se fait par le vent : c'est le cas des **samares des érables** et des frênes, qui ont une forme aérodynamique, avec la graine d'un côté et une membrane formant une aile qui permet une dispersion à plusieurs centaines de mètres (ou plus en cas de tempête) de la plante mère.

C'est aussi le cas des fruits (akènes) plumeux du pissenlit (*Taraxacum sp.*) ou de la linaigrette de Scheuchzer (*Eriophorum scheuchzeri*, Hoppe) dont la soie des akènes a été utilisée comme ersatz de coton en Bretagne pendant la dernière guerre mondiale.

Fruits du pissenlit = emblème de Larousse matérialisant la dissémination de la connaissance de la langue.

3) L'hydrochorie

C'est le cas de plantes aquatiques comme le nénuphar (*Nuphar lutea* L.) ou de plantes littorales comme le cocotier (*Cocos nucifera*, L.) qui libèrent leurs fruits au gré des courants.

4) La zoochorie

Les animaux interviennent aussi dans l'étape de dissémination des graines, de façon active ou passive (à l'insu des animaux vecteurs).

a- L'exozoochorie

C'est le cas avec les bardanes (*Arctium sp.*, L.) dont les bractées des fleurs se terminent avec des crochets souples : ceux-ci permettent aux infrutescences de s'accrocher passivement au pelage de mammifères (ou aux vêtements !) et de tomber à des distances éloignées (surtout si ce sont des chevaux sauvages).

*Ce système de crochet est à l'origine du **velcro** (mot créé par abréviation de **velours** et **crochets**), brevet déposé en 1952 par le suisse George de Mestral (1903-1990).*

b- L'endozoochorie

Ce mode de dissémination est souvent liée à la présence de réserves appétantes pour un animal, oiseau, mammifère ou même, réserves issues du fruit ou de la graine.

C'est le cas de la prunelle (*Prunus spinosa*, L.), du pommier sauvage (*Malus sylvestris*, L.) ou du gui (*Viscum album*, L.) dont les graines ne germent qu'après consommation du fruit et **passage par le tube digestif** d'un animal, oiseau pour la prunelle et le gui ou sanglier pour la pomme sauvage ; ce passage digestif permet généralement de dissoudre une partie des téguments épais des graines, ce qui permet leur germination ensuite.

c- La synzoochorie

Certains fruits peuvent aussi être disséminés par des animaux qui normalement les consomment : les noix, les glands sont consommés par les écureuils ou certains oiseaux (geai des chênes), mais une partie est cachée à l'automne pour le passage de la mauvaise saison ; toutefois, une partie des réserves n'est jamais retrouvée, ce qui permet la dissémination de ces graines et leur germination à des distances éloignées de la plante-mère.

*Dans le cas de la violette déjà citée, les graines ont une expansion charnue (élaïosome) qui attire les fourmis qui participent à la dissémination : on parle de **myrmécochorie**.*

5) L'autochorie

Dans ce cas, la plante dissémine elle-même ses graines, comme la violette (*Viola odorata*, L.) ou le concombre d'âne (*Ecballium elaterium*, L.) dont le fruit est mis sous pression (6 bars !) et libère les graines jusqu'à 10-12 mètres de la plante, à des vitesses de l'ordre de 10m/s.

B) Le développement du nouvel individu :

Les graines disséminées sont généralement dormantes : sitôt la fécondation, leur métabolisme s'est fortement réduit. Elles ne peuvent germer que si des conditions optimales sont réunies pour lever la dormance : humidité suffisante pour imbiber la graine, température assez élevée (après le froid hivernal),...voire passage du feu dans certains cas.

*Des graines de lotus sacré (*Nelumbo nucifera*, L.) ont pu germer après 1300 ans de dormance ! Mais de façon générale, le pouvoir germinatif d'une graine diminue rapidement au cours du temps (d'où l'intérêt assez limité des réserves de graines comme au Svalbard).*

Lors de cette germination, les réserves sont hydrolysées grâce à des enzymes, stimulées par des hormones : par exemple, les grains de blé, contenant des réserves riches en amidon, utilisent une amylase qui restitue des glucides simples (glucose et fructose) à partir du polymère de réserve, et cette enzyme est d'autant plus synthétisée qu'il y a des gibbérélines issues de l'embryon. Cette source de matière organique alimente la respiration des cellules en division, grosses consommatrices d'énergie, ce qui permet une croissance sans photosynthèse.

Les premières racines sont alors édifiées (orientation par gravitropisme), et commencent à prélever eau et sels minéraux dans le sol ; l'autre zone méristématique édifie la jeune tige (phototropisme), et les premières feuilles apparaissent après plusieurs jours ; elles prennent alors le relais des réserves de la graine, qui est alors vidée, ne laissant qu'un tégument sec.

Que ce soit la graine ou le fruit, les réserves accumulées attirent des prédateurs ; de plus, une part non négligeable des graines termine sur un milieu impropre à la germination (rivière, terrain déjà occupé, zone urbanisée,...), donc le pourcentage de graines donnant finalement un nouvel individu est très faible.

Face à la stratégie de reproduction sexuée, à son coût et ses incertitudes, une autre possibilité de reproduction existe chez les végétaux.

IV) Une particularité chez les végétaux, la reproduction asexuée

Ce type de reproduction se réalise sans production de fleurs ou de gamètes, donc sans méiose ni fécondation.

A) Les modalités de la reproduction asexuée

Les cellules végétales sont **totipotentes**, c'est-à-dire qu'elles sont capables de se différencier, et de donner des cellules méristématiques capables de proliférer et de redonner un plant entier, uniquement par mitose, ce qui donne un individu génétiquement identique à la plante-mère.

Cette possibilité peut se réaliser naturellement à partir de différents organes :

- des tubercules (= tige souterraine tubérisée), comme la pomme de terre (*Solanum tuberosum*, L.) ;
- de tiges restant au sol, comme les stolons de fraisier (*Fragaria sp.*, L) ou retombantes comme les ronces (*Rubus fruticosus*, L.).

Ces propriétés sont utilisées pour faire du bouturage ou du marcottage sur des plantes cultivées, ce qui permet de conserver des caractéristiques recherchées (qualité des fruits, nombre de fruits,...).

Il est aussi possible de régénérer ou multiplier en laboratoire une plante à partir d'un petit fragment, d'un bourgeon par exemple, cultivé *in vitro* sur un milieu approprié, ce qui donne un **cal**, qui est un amas de cellules indifférenciées. L'ajout d'hormones adéquates favorise ensuite la mise en place de racines et/ou de feuilles.

Cette technique est utilisée pour produire de grande quantité de plantes identiques qui sont des **clones**, comme des plantes commercialisées pour leurs fleurs (orchidées type *Phalaenopsis sp.*).

B) Une stratégie à double tranchant

Cette capacité de reproduction asexuée est énergétiquement avantageuse : il n'y a pas de production d'organes spécialisés comme la fleur, ni de fruits et de réserves. Elle permet donc de construire à **faible coût** de nouveaux plants génétiquement identiques.

De ce fait, cette stratégie reproductive permet de coloniser très **rapidement** de nouveaux milieux, et elle se retrouve notamment chez des plantes telles que la lentille d'eau (*Lemna minor*, L.) sur un plan d'eau stagnante, ou la ronce (*Rubus fruticosus*, L.) sur une friche ; mais cette stratégie est aussi pratiquée par des plantes invasives, comme la renouée du japon (*Fallopia japonica*, Houtt), qui colonise les endroits humides et berges de rivières dans toute l'Europe, réduisant drastiquement la biodiversité locale.

Toutefois, ce type de stratégie a des limites : face à un changement d'environnement (abiotique ou biotique), le clone issu de cette multiplication asexuée sera immédiatement très fragilisé.

*Exemple des ravages du mildiou (*Phytophthora infestans*) sur la pomme de terre, dont **une seule variété** était cultivée en Irlande au XIX^{ème} siècle, et qui a provoqué une perte de 90 %*

de la production entre 1845 et 1851, et une famine conduisant à la mort d'au moins 1 million de personnes et à l'émigration de 2 millions d'Irlandais.

Remarque : Certaines plantes, comme le fraisier (*Fragola* sp., L.) peuvent alterner les deux formes de reproduction, sexuée avec des fleurs (et des fraises) et asexuée avec des stolons.

Conclusion

La reproduction des Angiospermes est essentiellement sexuée, à l'aide d'organes spécialisés, les fleurs ; elle repose la plupart du temps sur des **interactions** avec d'autres êtres vivants, que ce soit pour la pollinisation ou pour la dispersion des graines, mais ces **deux phases de mobilité** peuvent aussi être réalisées par des agents physiques.

Dans certains cas, l'interaction entre une plante et un animal intervenant dans la dispersion du pollen ou du fruit est tellement étroite, que chaque partenaire a exercé une pression de sélection sur l'autre, aboutissant par exemple à une fécondation réalisée et réalisable que par un seul type d'insecte : cette évolution parallèle a été appelée la **coévolution**, avec l'exemple des orchidées.

Hypothèse de la Reine Rouge, cf. chapitre 5.

La phase de mobilité du pollen apporte un brassage des gamètes en réalisant une fécondation croisée, donc une diversité génétique des graines obtenues ; la phase de mobilité des graines (ou du fruit) permet d'éloigner les descendants de la plante mère, ce qui supprime la compétition du milieu, et permet de coloniser de nouveaux espaces.

Toutefois, la possibilité de **reproduction asexuée**, reposant que les capacités de **totipotence** des végétaux, permet aussi de coloniser de nouveaux territoires plus rapidement que la reproduction sexuée, en conservant un génotype fonctionnel et identique.

Mots-clés : totipotence ; clonage ; fleur : pistil, ovule végétal, étamine, pollen ; fruit ; graine ; pollinisation et dissémination par le vent ou les animaux ; coévolution