

Activité 3: Les adaptations à la vie fixée: la reproduction - Correction

L'organisation de la fleur des angiospermes

L'analyse florale de la glorieette montre que comme la plupart des angiospermes la fleur est organisée en 4 verticilles. On observe ainsi, du verticille le plus externe vers le plus interne:

Le calice: ensemble des sépales, souvent verdâtres.

La corolle: ensemble des pétales, souvent vivement colorés.

L'androcée, organe reproducteur mâle de la plante, formé par l'ensemble des étamines. Chaque étamine est elle-même subdivisée en un filet et une anthère libérant le pollen (gamétophyte mâle) à maturité.

Le gynécée ou pistil, organe reproducteur femelle de la plante, formé par un ou plusieurs carpelles libres ou soudés entre eux. Chaque carpelle est composé : d'une partie renflée et creuse (l'ovaire) renfermant l'(les) ovule(s); d'un style prolongeant l'ovaire; et d'un stigmate coiffant le style et permettant de retenir le pollen.

On distingue ainsi des pièces stériles et des pièces fertiles:

- Le périanthe est l'ensemble de pièces stériles, composé de 2 verticilles: le calice et la corolle.
- Les organes reproducteurs ou pièces fertiles composés de 2 verticilles: l'androcée, et le gynécée ou pistil.

Les fleurs des angiospermes présentent une très grande diversité de formes; cependant, comme la glorieette, la majorité des fleurs d'angiospermes renferment à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles, ces fleurs sont dites hermaphrodites.

Il existe aussi des espèces dites monoïques (fleurs mâles et femelles séparées, portées par un même individu qui est donc hermaphrodite) et des espèces dioïques (individus mâles portant des fleurs mâles, individus femelles portant des fleurs femelles)

Les fleurs hermaphrodites (ou monoïques) des angiospermes sont une adaptation évolutive à la reproduction en relation avec la vie fixée: elle permet chez de nombreuses espèces de pratiquer l'autofécondation ou autogamie et donc de se reproduire sans avoir à transporter le pollen vers une autre fleur distante.

Cependant , l'autofécondation est réductrice de diversité chez les zygotes ce qui réduit les possibilités d'adaptations à un milieu changeant ou nouveau (S'il y a moins de diversité, la probabilité d'avoir dans une population quelques individus possédant des caractères avantageux vis à vis d'une pression de sélection nouvelle du milieu ou d'un nouveau milieu colonisé est plus faible).

Le contrôle génétique de l'organisation florale chez Arabidopsis thaliana

Les gènes ABC codent la synthèse de protéines comportant un domaine protéique particulier: la MADS-box. Ces gènes sont très conservés chez l'ensemble des Angiospermes. Chez la majorité des Angiospermes, on distingue 3 groupes de ces gènes: les gènes des groupes A, B, et C; l'ensemble de ces gènes constitue une famille multigénique.

	Verticilles				Modèle interprétatif				L'analyse des mutants floraux d'Arabidopsis montre qu'ils sont mutés au niveau de gènes constituant une famille multigénique très conservée chez les végétaux. Les protéines codées par ces gènes du système ABC possèdent une boîte MADS qui leur confère la propriété de se lier à l'ADN et d'agir comme des facteurs de transcription en modulant l'expression d'autres gènes. Ces gènes ABC qui s'expriment pendant la mise en place des pièces florales, sont des gènes homéotiques.
	V 1	V 2	V 3	V 4	V 1	V 2	V 3	V 4	
Phénotype Sauvage	S	P	E	C			B		L'organisation florale est contrôlée génétiquement.
					A			C	
Mutants de classe A	C	E	E	C			B		La mutation d'un gène de classe A (Apetala 2) affecte uniquement V1 et V2; on en déduit que les gènes de classe A s'expriment dans les verticilles V1 et V2. Les gènes de classes A sont donc impliqués dans la mise en place des sépales en V1 et des pétales en V2
								C	
Mutants de classe B	S	S	C	C			B		La mutation d'un gène de classe B (Apetala 3) affecte uniquement V2 et V3; on en déduit que les gènes de classe B s'expriment dans les verticilles V2 et V3. Les gènes de classes B sont donc impliqués dans la mise en place des pétales en V2 et des étamines en V3
					A			C	
Mutants de classe C	S	P	P	S			B		La mutation d'un gène de classe C (Agamous) affecte uniquement V3 et V4; on en déduit que les gènes de classe C s'expriment dans les verticilles V3 et V4. Les gènes de classes C sont donc impliqués dans la mise en place des étamines en V3 et des carpelles en V4
								A	

Les hybridations in situ avec des sondes spécifiques des ARN de ces gènes confirment ces déductions.

On peut donc construire le modèle interprétatif suivant:

Dans V1, l'expression des gènes de classe A induit la mise en place de sépales sur V1

Dans V2, l'expression combinée des gènes de classes A et B induit la mise en place de pétales sur V2

Dans V3, l'expression combinée des gènes de classes B et C induit la mise en place d'étamines sur V3

Dans V4, l'expression des gènes de classe C induit la mise en place de carpelles sur V4

D'autre part on remarque que les expressions des gènes A et C s'excluent; lorsque A ne s'exprime pas, C s'exprime dans les verticilles de A; et inversement.

L'auto-incompatibilité génétique

Certaines espèces d'angiospermes ont conservé d'autres innovations évolutives (devenues des adaptations) leur permettant de se reproduire par fécondation croisée tout en limitant ou renonçant aux possibilités d'autofécondations (réductrices de diversité) offertes par leur organisation florale hermaphrodite.

Il existe ainsi chez les plantes hermaphrodites des gènes qualifiés de gènes d'incompatibilité (S) existant sous forme de nombreux allèles. Les plantes hétérozygotes diploïdes disposent pour le gène S de deux allèles. Le pollen, gamétophyte mâle haploïde, ne contient qu'un de ces allèles. Les [expériences](#) de fécondations croisées et d'auto-fécondations montrent que la fécondation n'est possible que lorsque le génotype du pollen (1 allèle du gène S) est différent du génotype du pistil (2 allèles du gène S); dans le cas contraire, la [progression du tube pollinique](#) est empêchée, et la fécondation ne peut avoir lieu. Ce processus d'auto-incompatibilité génétique empêche ainsi l'auto-fécondation (autogamie) réductrice de diversité.

Il existe également d'autres systèmes d'incompatibilités (incompatibilités morphologiques, spatiales et temporelles). L'auto-incompatibilité n'est pas systématique, certaines espèces pratiquent à la fois l'autogamie, et l'allogamie (fécondation croisée), d'autres sont exclusivement autogames (la libération du pollen ayant lieu avant l'ouverture de la fleur).

La pollinisation croisée

La fécondation croisée entre plantes fixées et éloignées impose le [transport du pollen](#). Certaines espèces sont pollinisées par le vent (anémogamie) ou par l'eau (hydrogamie). Néanmoins, plus de 90% des Angiospermes sont dépendantes des animaux (zoogamie), et particulièrement des insectes (entomogamie) pour leur pollinisation.

Les fleurs anémogames produisent des grains de pollen en très grand nombre, et de petites tailles, légers et lisses afin de mieux être dispersés par le vent. Les stigmates de ces fleurs sont parfois ramifiés (comme des peignes) pour mieux filtrer l'air et capter d'éventuels grains de pollen.

Généralement, les fleurs entomogames présentent des structures attractives pour les insectes :

La présence de nectar (au niveau des nectaires)

La présence de signaux visuels attractifs

La présence de signaux olfactifs attractifs

Des structures mimétiques (pseudocopulation)

On observe parfois une relation très étroite entre la fleur et son pollinisateur (exemple de l'orchidée *Z. microshipon* et de la mouche *P. gablbaueri*): les longueurs du proboscis et de l'éperon varient d'une région (population) à l'autre, mais dans chaque population, le proboscis des mouches a toujours la même longueur que l'éperon des orchidées.

Ces relations se sont construites au cours de l'évolution:

Les innovations évolutives de la plante (variation de la longueur de l'éperon) exercent une pression de sélection sur la mouche (celles dont le proboscis a la longueur adaptée ont accès au nectar et sont avantagées).

Les innovations évolutives de la mouche (variation de la longueur du proboscis) exercent une pression de sélection sur la plante (celles dont la longueur de l'éperon est adaptée à la longueur du proboscis sont davantage pollinisées et sont donc avantagées).

Il s'agit d'une coévolution entre la plante et la mouche. C'est ainsi que de nombreuses plantes sont dépendantes d'un seul insecte pour leur pollinisation

Conclusion:

L'organisation de la fleur des Angiospermes est contrôlée génétiquement, notamment par la famille multi-génique des gènes du développement du système ABC. Chez la plupart des espèces, la fleur hermaphrodite contenant à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles permet en théorie l'autogamie. Divers systèmes d'auto-incompatibilités favorisent cependant les pollinisations et fécondations croisées. Ce mode de pollinisation nécessite un transport du pollen par le vent (anémogamie), par les insectes (entomogamie); ou par d'autres animaux (zoogamie). La diversité des systèmes de pollinisation et d'organisation des fleurs est le résultat de l'évolution qui a conservé les multiples innovations évolutives favorisant la pollinisation croisée (ou au contraire l'auto pollinisation). Cette évolution s'est parfois faite de manière conjointe et étroite avec l'insecte pollinisateur menant ainsi à une coévolution.