



Centre Universitaire Salhi Ahmed Naâma
Institut des Sciences
Département de Biologie

Polycopié du Cours

Biologie de la reproduction **S6**

**DESTINÉ AUX ÉTUDIANTS (ES) : L3 SPÉCIALITÉ BIOLOGIE ET
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE**

Année universitaire : 2023-2024

Descriptif de la matière

N° d'ordre de la matière	UEF2 (O/P) : Matière2
Intitulée de la matière	Biologie de la reproduction
Nature de la matière (Fondamentale/complémentaire)	Fondamentale
Semestre d'appartenance de la matière	Semestre II
Département	Sciences de la Nature et de la Vie
Université	Centre universitaire Salhi Ahmed Naâma

Préambule

L'objectif de l'enseignement de la biologie de la reproduction est de donner à l'étudiant possibilité d'acquérir des connaissances fondamentales sur l'organisation, le fonctionnement et le développement du monde végétal.

La biologie de la reproduction est une branche scientifique à l'intersection de la botanique, la biologie végétale et la physiologie végétale, l'amélioration génétique des plantes visant à comprendre les mécanismes de reproduction.

Cette publication, une exigence de carrière pour un département de sciences naturelles et scientifiques. C'est un incontournable pour les étudiants en biologie et en physiologie végétale, ainsi que pour toute personne intéressée par les mécanismes de reproduction des angiospermes. Cette fiche de cours représente le programme Biologie de la reproduction, matière centrale du 2ème semestre de L3 Biologie et Physiologie Végétale.

Dans le même esprit, ce folio vise également à fournir à l'étudiant les bases importantes mentionnées dans les différents chapitres de cet ensemble, qui permettent la recherche, à savoir :

- ✓ *Organisation générale d'une plante angiosperme*
- ✓ *Reproduction sexuée*
- ✓ *Pollinisation et fécondation*
- ✓ *Reproduction végétale*

Le dialogue entre les scientifiques et les connaissances de cette discipline permet maintenir la diversité génétique des populations, la régénération végétale, qui contribue à l'accélération de la reproduction, à la colonisation du milieu et à la protection de l'environnement.

L'auteur remercie par avance les lecteurs qui souhaitent partager les commentaires et critiques inspirés par la lecture de ce dépliant, et espère que ce dépliant pourra fournir à l'étudiant les informations nécessaires à l'étude de ce sujet. .

L'auteur

SYLLABUS

Biologie de la reproduction

1. OBJECTIFS DE LA MATIERE

Maîtrise les Schémas morphophysiologiques régissant le développement des plantes : floraison, formation des graines, germination, croissance, développement des organes

2. PRE-REQUIS PEDAGOGIQUES

Biologie végétale, Botanique, Physiologie végétale

3. VOLUME HORAIRE

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits
	14-16 semaines	C	TD	TP	Autres		
UE fondamentales						09	18
UE2 (O/P)							
Matière3: Biologie de la reproduction	45	1.30	-	1.30	55	2	4

4. Mode d'évaluation

Continu	40%
Examen	60%

5. SAVOIR-FAIRE ET COMPÉTENCES

Les diplômés seront exposés à différents moyens de reproduction végétale

- La reproduction sexuée et asexuée doit être distinguée. Identifiez les organes responsables de la forme asexuée (tige, feuille, racine) et apprenez quelques méthodes (marcottage, bouturage). Sur la base de diverses données, peut décrire les phénotypes de plantes mutées pour les gènes de développement les plus importants
- Peut décrire les phénotypes de plantes mutées pour les gènes homéotiques impliqués dans l'ontogenèse des fleurs
- Possède le vocabulaire suivant : reproduction, sexuel, , organes reproducteurs, reproduction végétative des ovules, pollinisation...

6. CONTENU DE LA MATIERE

Biologie de la reproduction

Pages

I. Reproduction sexuée

1. Organisation florale :

- Organisation générale d'une fleur d'angiospermes,
- Diversité de l'organisation florale,
- Origine de la fleur,
- Fonctions et adaptations de la fleur,
- Tendances évolutives de la fleur.

2. Développement de la fleur :

- Formation des différents organes, modèle de contrôle génétique du développement des organes

3. Pollinisation et fécondation :

- Différents modes de pollinisation,
- Croissance et guidage du tube pollinique, Origine et Mécanismes de la double fécondation
- Significations évolutives du double fécondation, du développement de l'embryon et de l'albumen.
- Dissémination des fruits et des graines

4. Diversité et évolution des systèmes de reproduction

- Mécanismes de l'allogamie
- Mécanismes de l'autogamie.
- Conséquences sur l'évolution des plantes
- Applications en sélection et amélioration des plantes

II. Multiplication végétative

- Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles
- Apomixie, Agamospermie, Polyembryonie
- Intérêt pour l'agronomie et les plantes ornementales, Intérêt pour l'expérimentation scientifique.

Reproduction sexuée

Différentes étapes du développement de la fleur

-Diversité de l'organisation florale

I. Reproduction sexuée

Les plantes florales ont évolué un certain nombre de stratégies de survie, de propagation et de colonisation mondiale. Les plantes possèdent la capacité à générer plusieurs individus génétiquement identiques en raison des mécanismes impliqués dans la reproduction asexuée.

En revanche, l'apparition d'une fleur dotée de plusieurs organes reproducteurs assure l'avancement de l'espèce. La reproduction est impliquée dans le développement et la fusion des gamètes, raison pour laquelle les angiospermes présentent une grande variété génétique. Deux processus fondamentaux de la reproduction sexuée sont la méiose et la fécondation. Le patrimoine génétique est le résultat d'une recombinaison aléatoire entre les deux génomes parents lors de la production de gamètes. La fusion de deux gamètes haploïdes lors de la fécondation produit un zygote diploïde ($> 2n$).

Pour les végétaux, appelés « Plante à fleurs » ou « Angiospermes », le passage de la production des racines, tiges, feuilles, à celle des fleurs correspond à l'entrée dans la vie sexuée. La pollinisation puis la fécondation des fleurs donneront, en effet, naissance au fruit et surtout aux graines dont le rôle sera de perpétuer et de disséminer l'espèce.

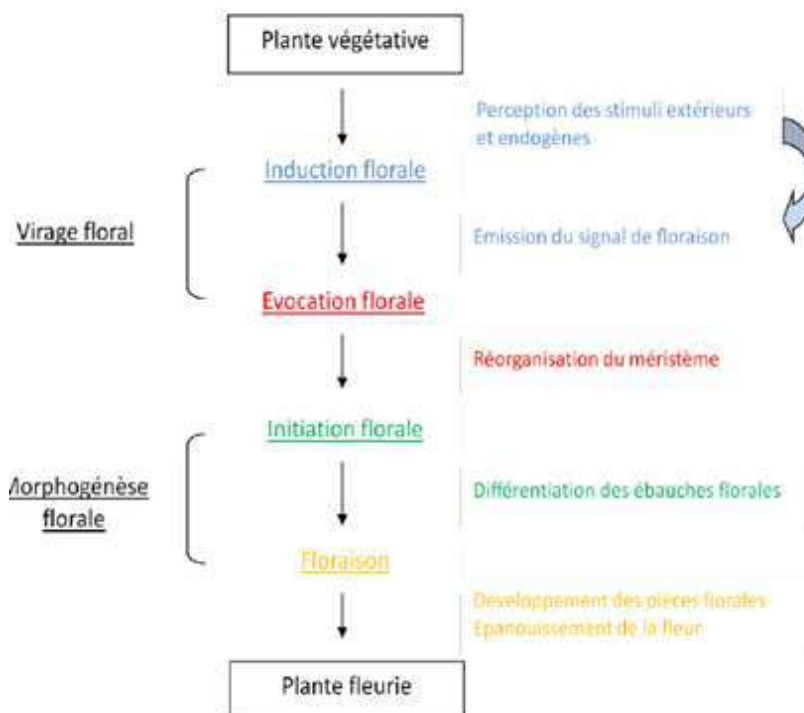


Figure 1: Les différentes étapes du passage à l'état reproducteur chez une Angiosperme

Reproduction sexuée

Différentes étapes du développement de la fleur

-Diversité de l'organisation florale

1. Organisation florale :

a) Organisation générale d'une fleur d'angiospermes

- ❖ La fleur (fig. 2) possède des organes mâles et femelles ; sauf les agences de défense.
- ❖ Les organes protecteurs sont les sépales et les pétales. Les fleurs portent un axe vertical, une tige qui se termine par un tubercule, un réceptacle qui porte les parties florales. Ces parties florales peuvent être stériles ou fertiles.
- ❖ **Les pièces stériles : Périclanthe**

Se compose de :

- Les sépales sont généralement verts et forment ensemble un sépale.
- Pétales de différentes couleurs qui forment ensemble une fleur.

Les sépales et pétales constituent le périclanthe (**Tableau I**) :

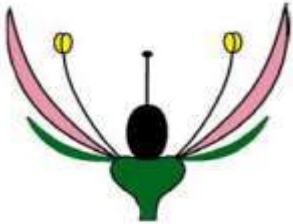
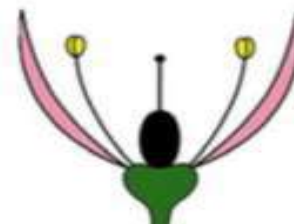
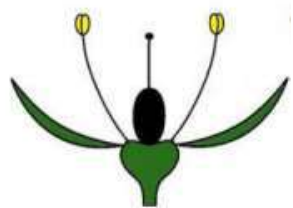





- (1) Hétérochlamyde : pétales + sépales,
- (2) Homochlamyde : tépales,
- (3) Haplochlamyde : sépales seuls
- (4) Achlamyde : périclanthe totalement absent.

Reproduction sexuée

Différentes étapes du développement de la fleur

-Diversité de l'organisation florale

Tableau I: Les pièces stériles : Périclanthe

Hétérochlamyde	Homochlamyde	Haplochlamyde	Achlamyde
			
			
<i>Stellaria media</i> L.	<i>Anemone coronaria</i> L.	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	<i>Euphorbia paralias</i> L.

Reproduction sexuée

Différentes étapes du développement de la fleur

-Diversité de l'organisation florale

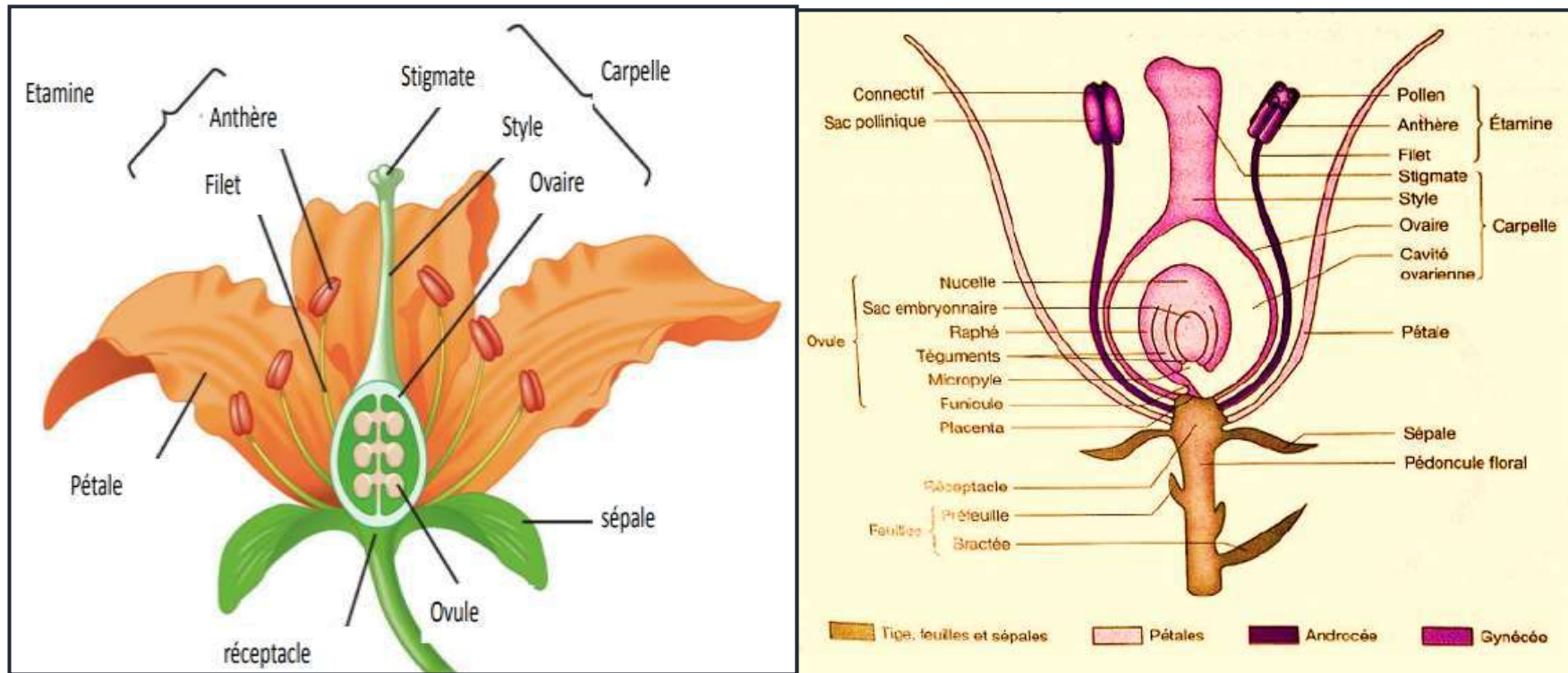


Figure 2 : Organisation générale d'une fleur d'angiospermes

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

❖ **Les pièces fertiles**

Les parties du fruit sont les étamines le gynécée.

L'anthère est l'organe reproducteur mâle de la fleur, constitué d'un fil avec une anthère au bout.

Toutes les étamines forment un androcée.

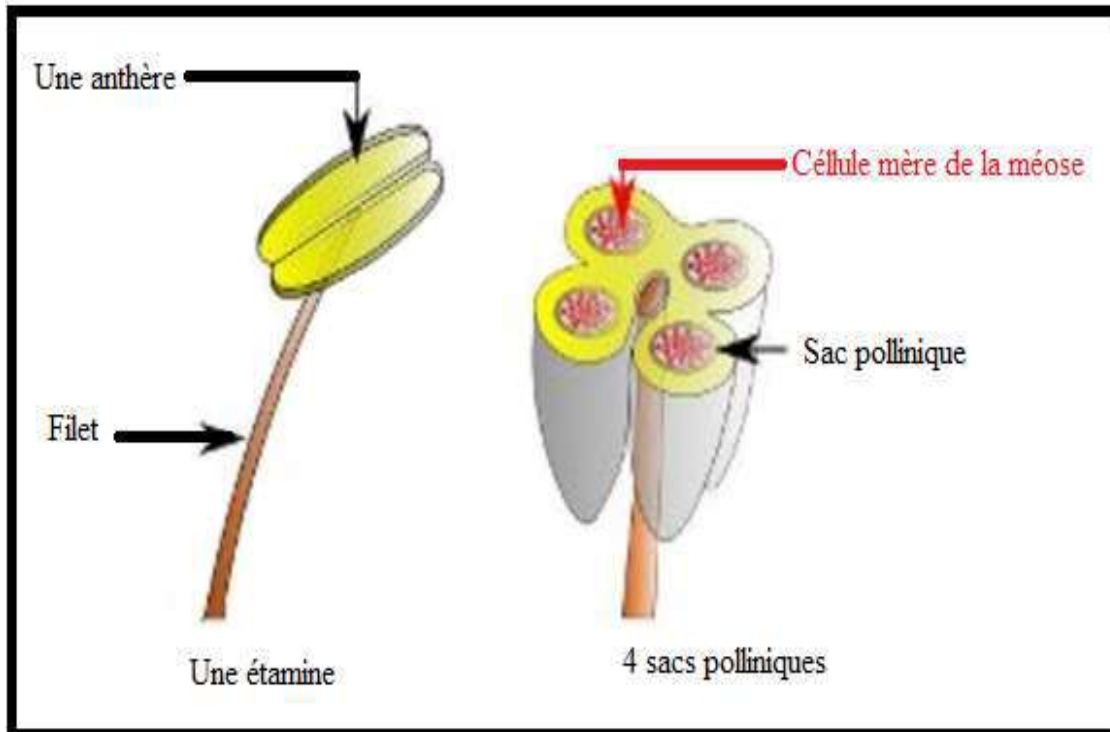


Figure 3 : Structure d'une étamine

- ✓ Le pistil ou gynécée est l'organe reproducteur féminin, il est constitué par (stigmate, style et de l'ovaire où se trouvent les ovules). L'ovaire est constitué d'ensembles de carpelles.

- **Diversité de l'organisation florale**





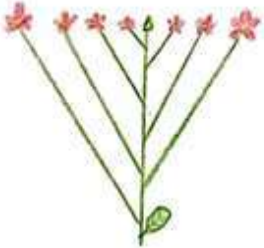



A) Incertion de la fleur sur la tige :

Nous avons deux types : Fleur solitaire Ou groupé sous formes d'inflorescences :







- grappe (a) : La floraison débute par les fleurs à la base et se poursuit jusqu'à l'apex (ordre acropète), donnant à la grappe une forme pyramidale.
- Epi (b) : Grappe avec les fleurs sessiles
- Corymbe (c) : Les pédoncules rétrécissent de bas en haut
- Ombelle (d) : Pédoncules de longueurs égales
- Capitule (e) : Fleurs sessiles insérées sur un plateau dans un même plan

Reproduction sexuée
 Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

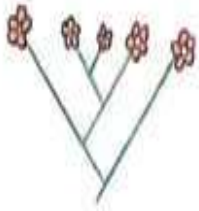

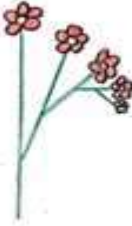

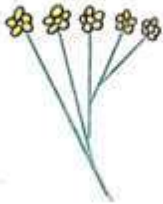

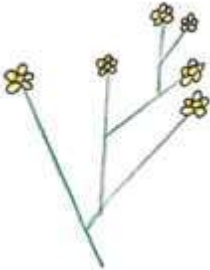

Tableau II : Inflorescences Rolland DOUZET (version : Avril 2011

Inflorescences indéfinies		
Racème ébracté		 <i>Verbena officinalis</i>
Racème bracté		 <i>Convallaria majalis</i>
Corymbe		 <i>Crateagus monogyna</i>
Épi		 <i>Plantago lanceolata</i>

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

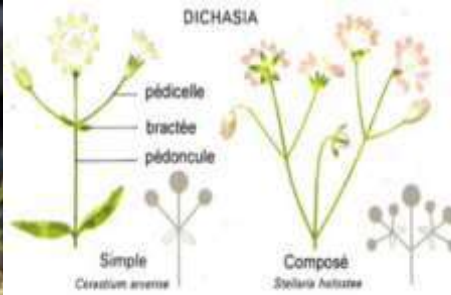
Spadice	 A diagram showing a spadice, which is a dense, elongated cluster of small flowers arranged in a ring-like pattern along a central stalk.	 <p><i>Arisarum vulgare</i></p>
Ombelle	 A diagram of an umbel inflorescence, showing a central point from which several pedicels radiate outwards, each bearing a small flower.	 <p><i>Allium angulosum</i></p>
Capitule	 A diagram of a capitulum, showing a flattened, cup-shaped receptacle (involucre) with a central axis from which many small flowers radiate.	 <p><i>Bellis sylvestris</i></p>

Reproduction sexuée
 Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

Inflorescences définies		
Rhipidium		 <i>Iris pseudacorus L.</i>
Monochasium= Cymes unipares		
Cyme scorioïde		 <i>juncus acutus</i>
Drepanium		 <i>Gladiolus segetum</i>
Cyme hélicoïde		 <i>Brassica fruticulosa</i>

Reproduction sexuée
 Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

Dichasia = Cymes bipare

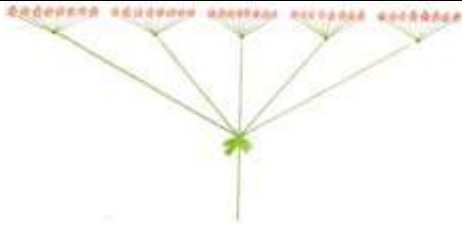


Cerastium arvense subsp. suffruticosum (L.)

Strelitzia nicolai

Inflorescences cymeuses

Ombelle d'ombellules



daucus carota

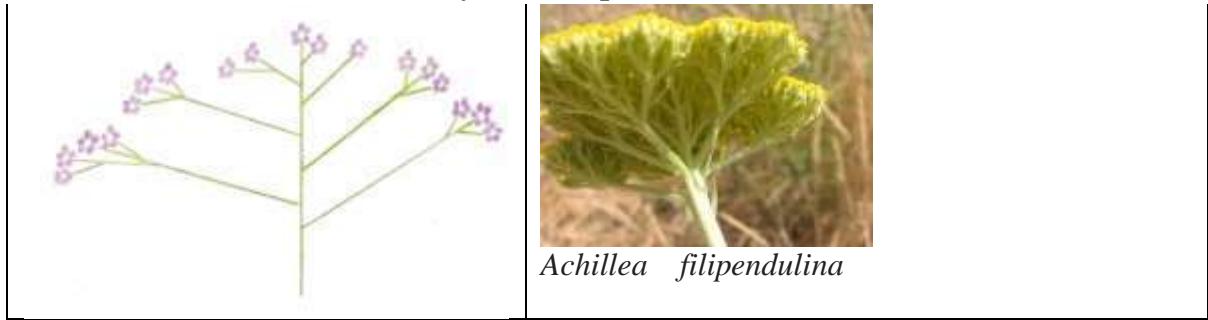
Panicule (= Racème composé déterminé)



Bromus arvensis

Reproduction sexuée
 Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

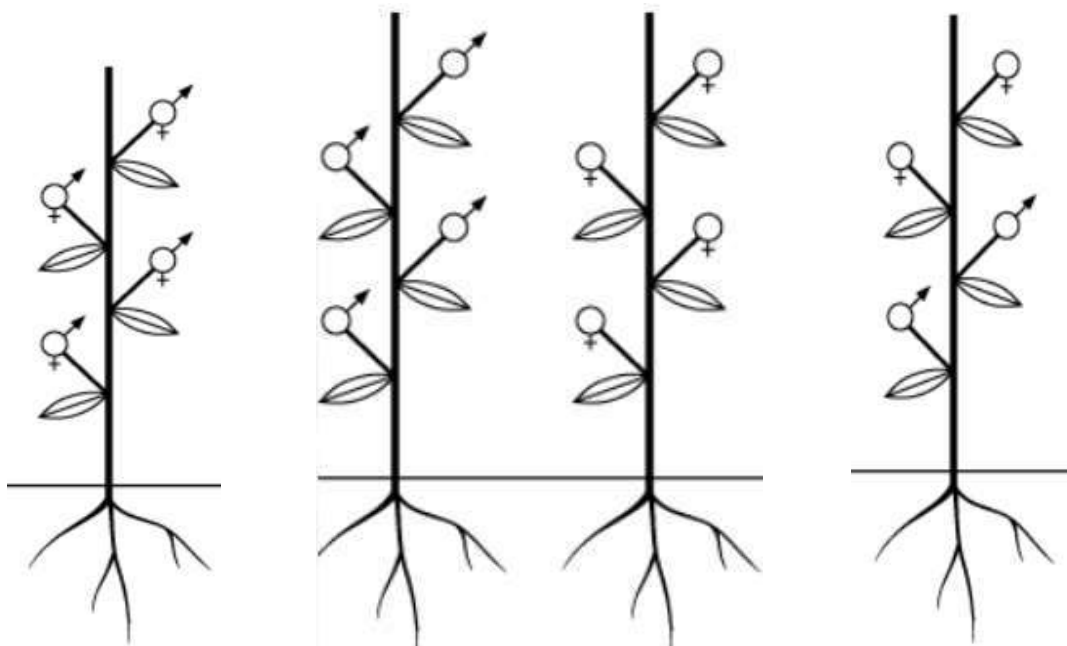
Corymbe composé déterminé



B) Sexe de la fleur :

Fleur unisexuée¹ et fleur bisexuée ou hermaphrodite²

C) Plante monoïque³ ou dioïque⁴



**Fleurs monoïques
 Hermaphrodites**

**Fleurs monoïques
 unisexuées**

Les plantes dioïques

¹ Fleur porte uniquement un seul type d'organe reproducteur soit mâle ou femelle

² Fleur contient les deux types d'organes reproducteurs mâles et femelles

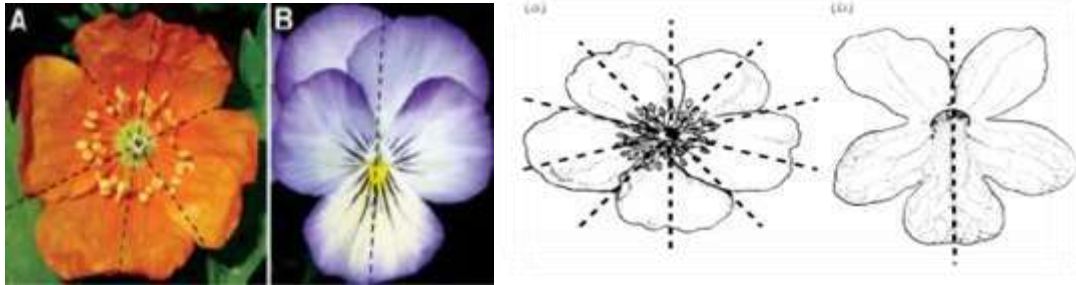
³ Plante contient des fleurs mâle et femelle

⁴ Plante avec un pied qui contient fleurs femelles et un pied qui contient fleurs mâles

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

D) Symétrie de la fleur :

- ✓ **Actinomorphe (=régulier) : La fleur a plusieurs plans de symétrie : radial/radial** □
- Zygomorphe (= régulier et bilatéral) : la fleur n'a qu'un seul plan de symétrie** □
- Asymétrique (= irrégulier) : la fleur n'a pas de plan de symétrie**



a)Plusieurs plans de symétrie: Actinomorphes Un plan de symétrie: Zygomorphes (symétrie bilatérale)

E) Diversité morphologique des

sépales(le calice) : dialysépales⁵ ou gamosépales⁶

F) Diversité morphologique des pétales (la corolle) : dialypétales⁷ ou gamopétales⁸ ; fleurs apétales⁹

G) Sépales et pétales même couleur et même forme : tépales

H) La couleur des fleurs : La couleur est un des caractères les plus apparents des fleurs d'Angiospermes ; elle permet d'identifier aisément les représentants de ce embranchement. Les pigments responsables de la couleur des fleurs sont surtout les flavonoïdes¹⁰ ; comprend, les **anthocyanes** occupela première place parmi les responsables de la couleur des fleurs.

La figure montre les trois anthocyanes :

la cyanidine → violet

La pélargonidine → rouge

La delphinidine → bleu

⁵ Sépales libre

⁶ Sépales soudé

⁷ Pétales libres

⁸ Pétales soudés

⁹ Fleur dépourvu de corolle

¹⁰Substances formés de deux cycles de six carbones reliés par une unité de trois Carbones

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale



Figure 4 : les anthocyanes

I) Diversité morphologique de l'androcée (organe reproducteur male) :

1. Étamines : Nombre et organisation dans la fleur.

- Androcée polystémone : une étamine en masse, habituellement supérieure à 20, organisées en addition de deux spirales ou verticilles (exemple : Renoncule) ;
- Etamines dans deux verticilles (le double du nombre de pétales ou tépales : $E=2S=2P$), surfaces externes alternées avec des parties de l'anus interne (exemple : *Oxalis*) ; $E=S=P$ est l' Androcée méristémone.
- le verticille, parties opposées au verticille interne forme l'Androcée obdiplostémone. (par exemple, *géranium*) ;
- Androcée isostémone (Apiaceae, par exemple).
- Androcée obstémone : (ex. : *Rhamnus*)

2 Étamines soudées entre elles ou avec d'autres parties de la fleur : dialystémones ou gamostémones

- 1-dialystemone : étamines libres
- 2-monadelphes : étamines soudées par filet
- 3-diadelphes : étamines soudées par filet avec 1 libre
- 4-synanthere : étamines soudées par anthère

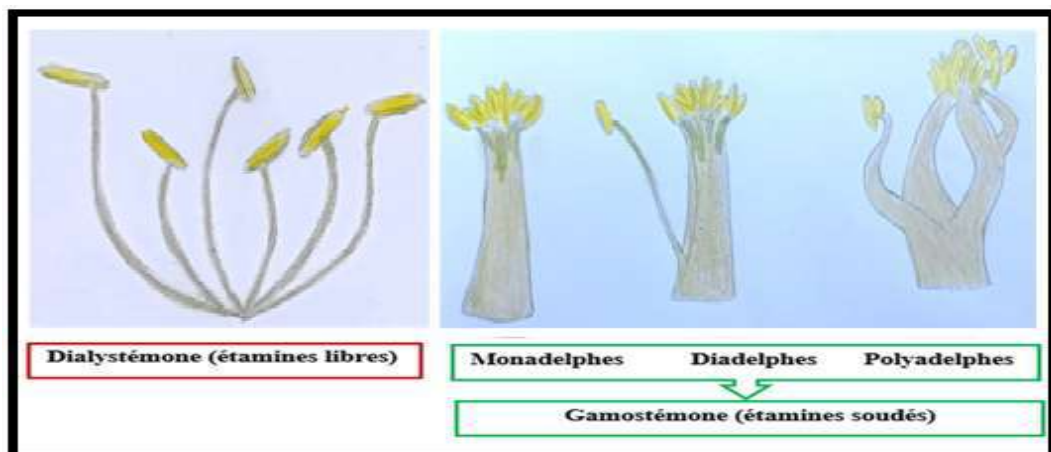


Figure 5 : Soudure des étamines

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

3. L'endroit de la soudure des étamines :

- a) Etamines soudés par le filet : synstémone
- b) Etamines soudés par l'anthère : synanthérie

4. Modes insertions

- Epi-sépales : étamines faces aux sépales ;
- Alterni-sépales : étamines s'alternent aux sépales
- Epi-pétales : étamines faces aux pétales ;
- Alterni-pétales : étamines s'alternent aux pétales
- ✓ **Etamines soudés aux pétales** : androcée corolliflores ;
- ✓ **Etamines soudés au pistil** : androcée gynostème
- ✓ **Fleur à staminode** : anthère ne produisant pas de pollen (pas d'anthères = pas de sacs polliniques)

1. Insertion du filet sur l'anthère :

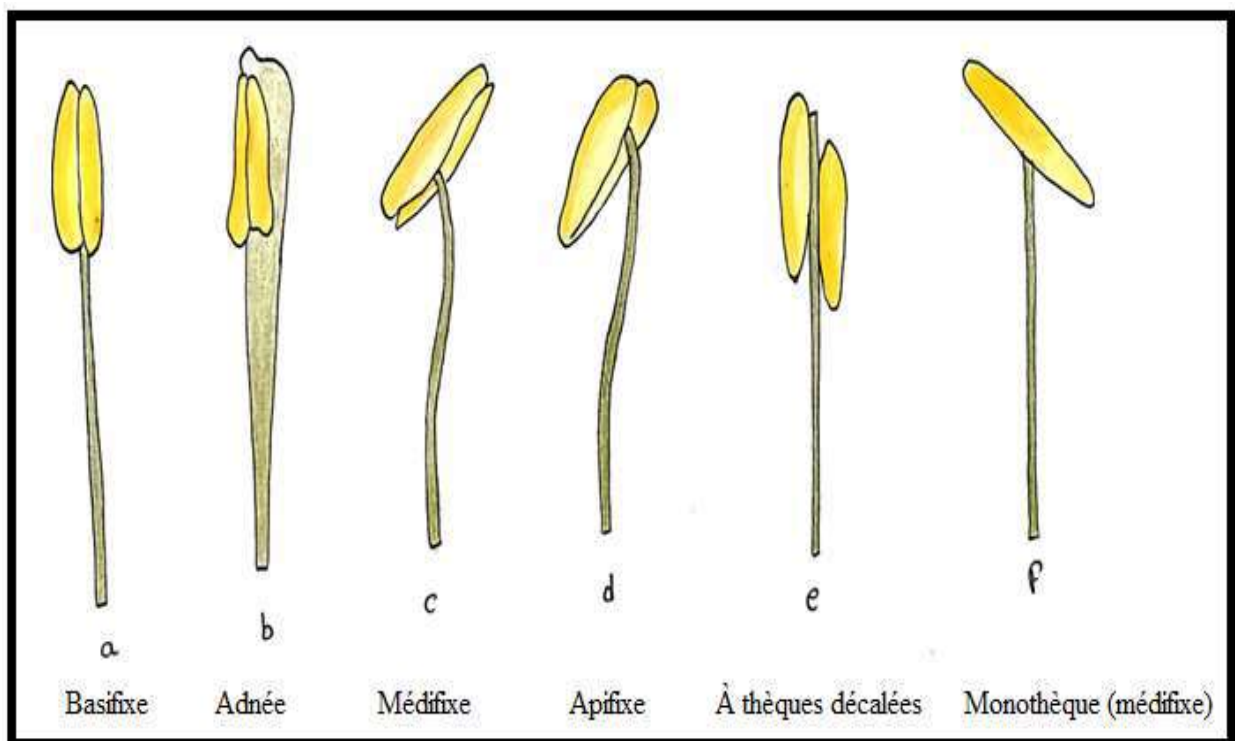


Figure 6 : Types de fixation

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

2. Déhiscence :

Pour libérer les grains de pollen, l'anthere possède différentes fentes ;

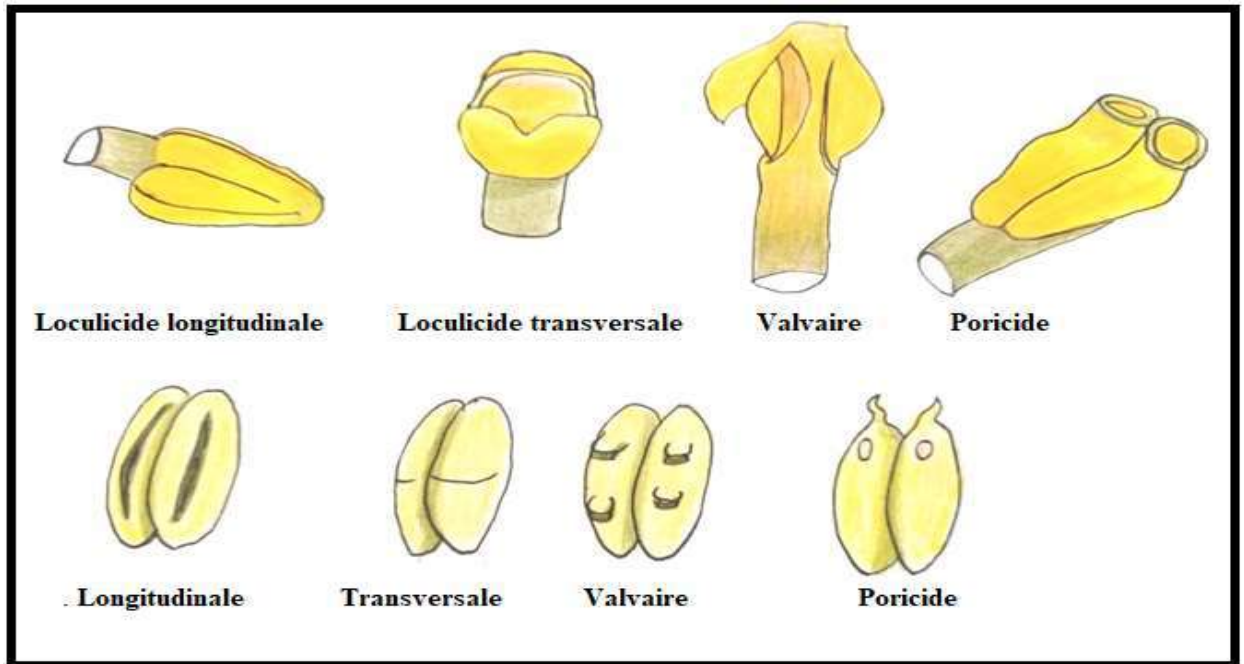


Figure 7 : Déhiscence des anthères

3. Orientation de la déhiscence :

1-anthere introrse: soudure vers intérieur de la fleur

2-anthere extrorse: soudure vers extérieur de la fleur

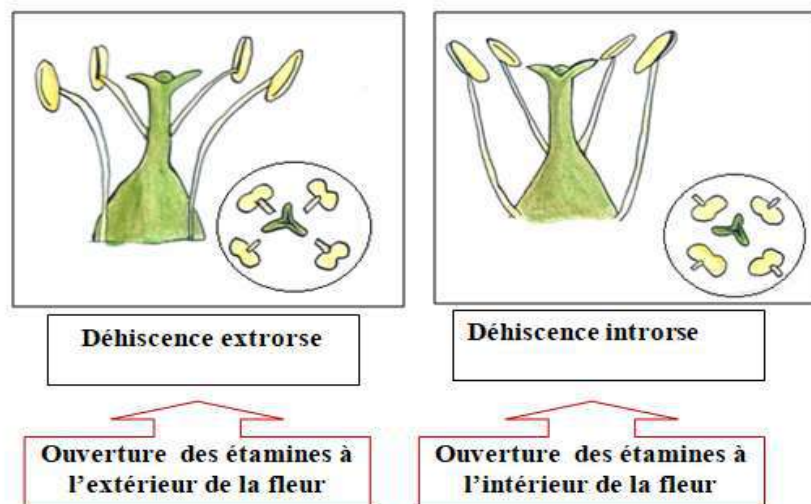


Figure 8: Orientation de la déhiscence

J. Placentation : insertion des ovules dans l'ovaire L'ordre des ovules dans l'ovaire est déterminé par le placenta.

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

Ils sont visibles sur la paroi interne des carpelles ou dans la longueur du capitule de l'axe de la fleur.

Le gynécée est constitué de poils indépendants, le placenta étant pour la plupart marginal. Dans un gynécée poilu, il est marginal, basal voire apical : gynécée apocarpique.

La combinaison d'un gynécée constitué de coquilles partiellement ou totalement fusionnées, d'une syncrobie ou d'une paracarpie avec insertion d'ovules permet la détermination de trois types principaux et de deux types placentaires supplémentaires :

- ❖ un ovaire uniloculaire où les ovules sont en position marginale ou couchée, La paroi interne de l'ovaire contient les placentas.;
- ❖ (Fig. b) Les placentas sont situés dans la partie axiale de l'ovaire, dans le coin interne de chaque segment. Cela est dû au fait que l'ovaire syncarpe, qui est composé de plusieurs loculaires, a une insertion perçue comme marginale ou axiale;
- ❖ Les placentas sont situés sur un corps central, isolé au sein de la cavité ovarienne en raison d'un ovaire paracarpin (composé uniloculaire) avec une insertion axiale sur la columelle;
- ❖ Basique (Fig. d.) : Souvent considérée en tant que version de la précédente, elle se caractérise par l'absence ou très peu de développement de la colonne ;
- ❖ Subapical (Fig. e), qui serait on pense aussi que c'est un dérivé du placenta central, mais dont l'interprétation un dérivé plus logique du placenta central , mais dont l'interprétation a plus de sens

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

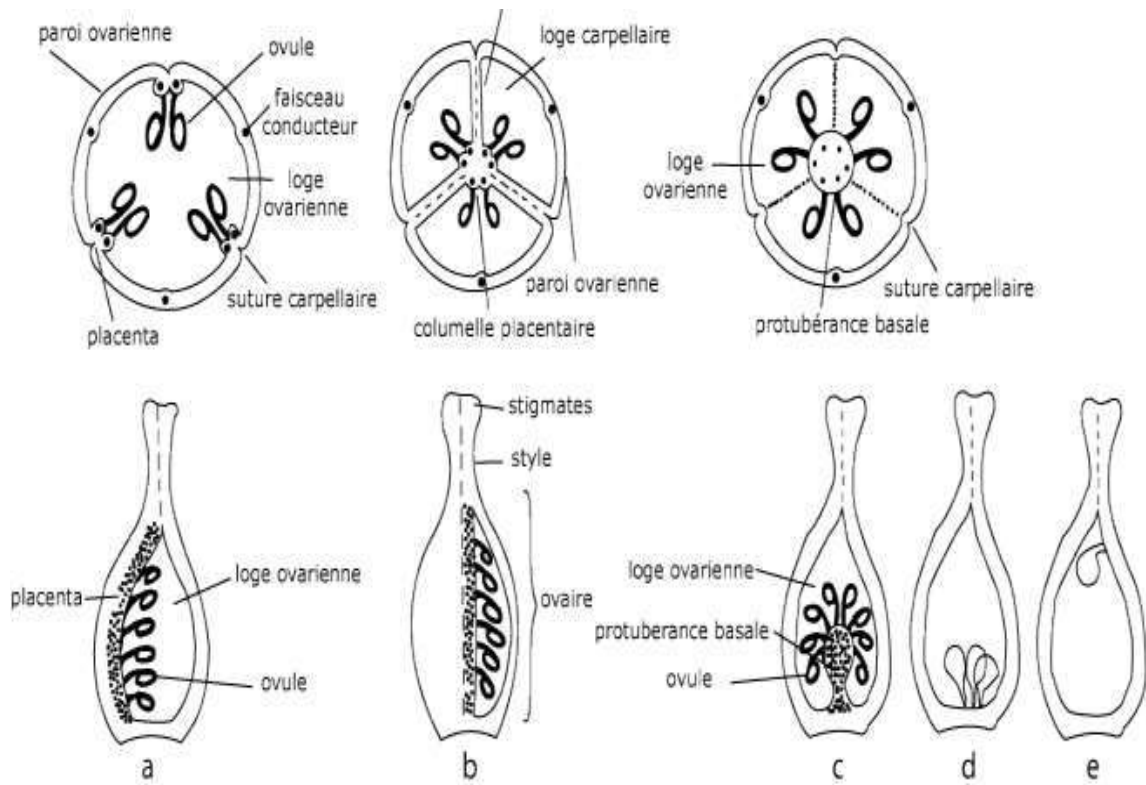


Figure 9 : Types de placentation
a. placentation pariétale - b. placentation axile - c. placentation centrale - d.
placentation basale - e. placentation subapicale

a. Ovule

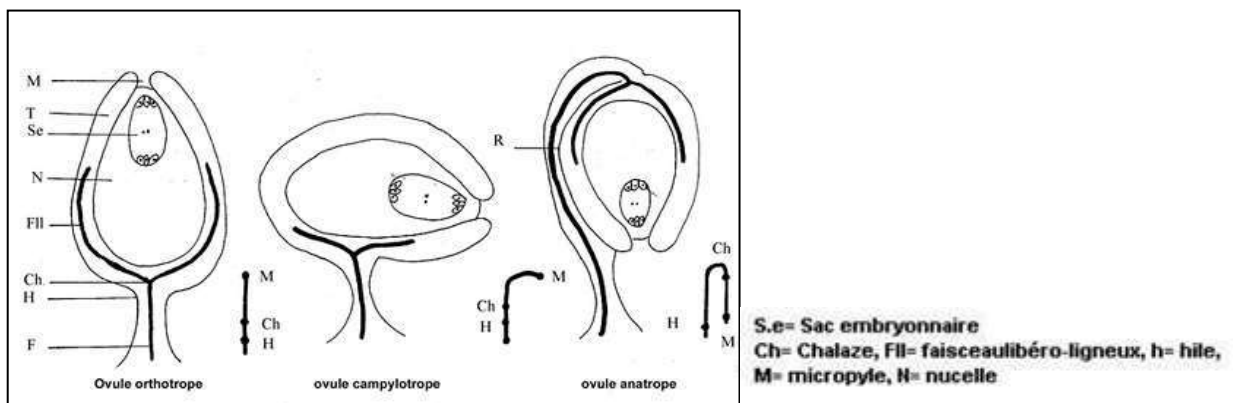


Figure 10 : Différents types d'ovules chez les Angiospermes

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

a. Position ovaire sur réceptacle

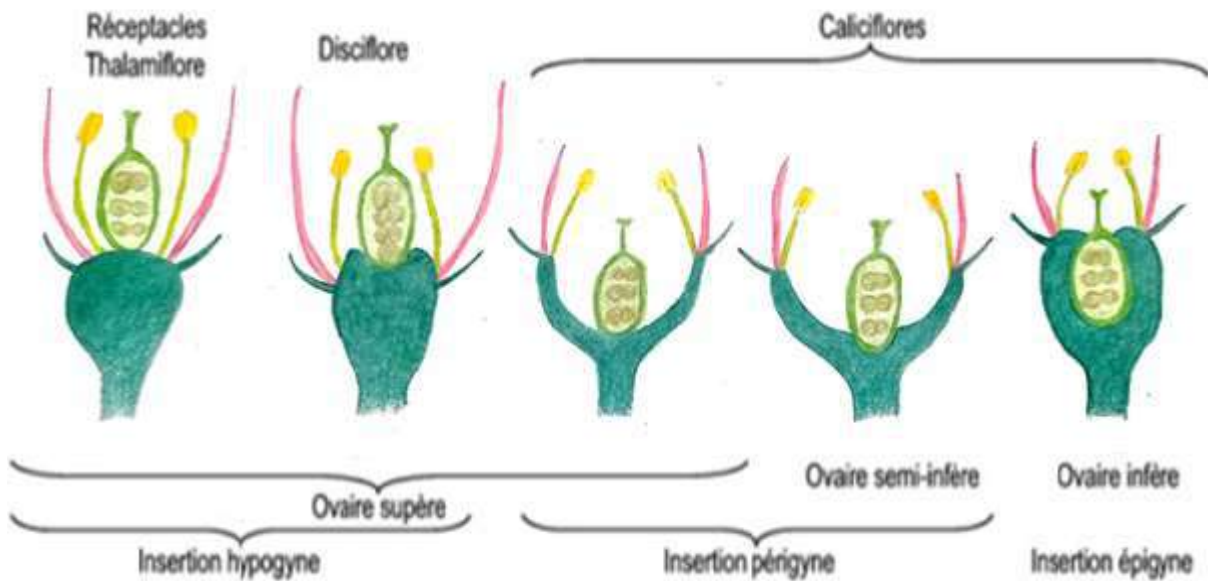


Figure 11 : Position ovaire sur réceptacle (Raven et al. 2006.)

K. Diagramme et formule florale

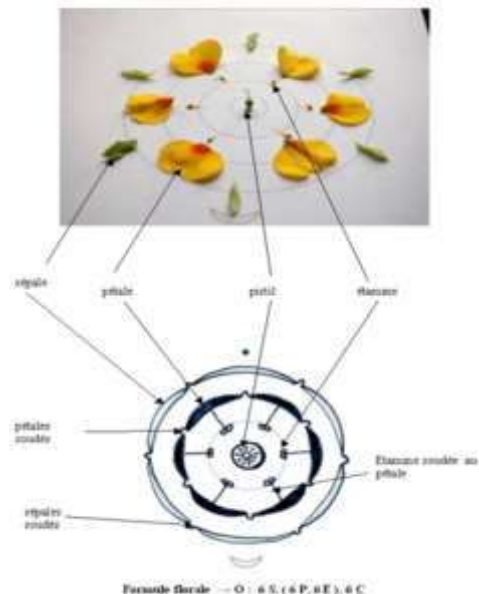
La fleur est l'organe reproducteur des angiospermes. C'est un rameau fleuri raccourci adapté à la reproduction, elle constitue la base de la classification des angiospermes.

Pour chaque espèce on peut réaliser son diagramme floral et déduire sa formule florale.

1. Diagramme florale :

La structure d'une plante est représentée schématiquement dans un diagramme floral.

A travers la coupe transversale des différentes parties florales (calice, corolle, étamines au niveau des anthères, pistil au niveau du placenta). La disposition en spirale est très ancienne



a) Les composantes du diagramme floral

- ❖ Axe de l'inflorescence
- ❖ Sépales
- ❖ Pétales
- ❖ Etamines
- ❖ Carpelles
- ❖ Bractée

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

b) Nombre de verticilles, Nombre de pièces par verticille et leurs relations :

Lorsque les 4 verticilles sont présents, on parle de fleurs complètes : elles sont alors hermaphrodites.

Cependant certains verticilles peuvent manquer : on peut avoir des fleurs apétalées (apétales ou asépales), fleurs asexuées ou unisexuées (absence de gynécée ou de l'androcée) : dans ce cas on distingue les plantes monoïques et plantes dioïques.

Nombre de pièces par verticille variable : Le nombre de pétales reste généralement limité (3, 4 ou 5) ; souvent 3 chez les Monocots). Le nombre des autres pièces est en général égal ou multiple de celui des pétales, sauf pour les carpelles qui sont souvent moins nombreux. Les étamines peuvent être disposées sur plusieurs cycles.

Genre espèce

Diagramme florale

Illustration de la fleur

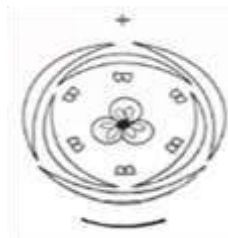
Anemone coronaria



Poa pratensis

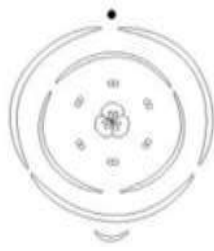


Lilium pyrenaicum

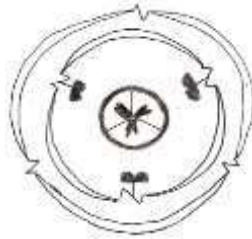


Reproduction sexuée
 Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

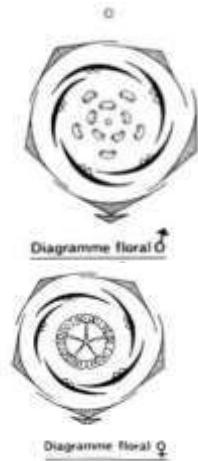
Tulipa suaveolens



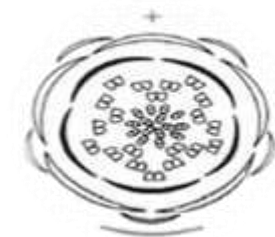
Iris germanica



Lychnis flos-jovis



Fragaria viridis



Vicia sativa

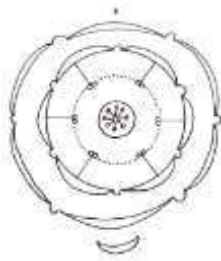


Reproduction sexuée
 Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

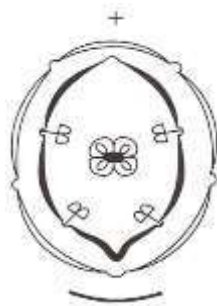
Myosotis arvensis



Primula veris



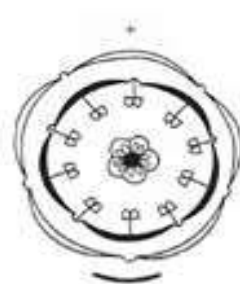
Lamium album



Geranium dissectum

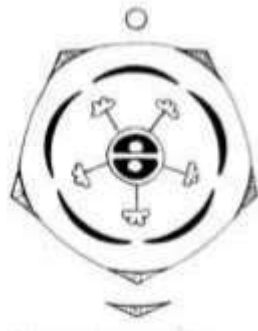


Erica cinerea



Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

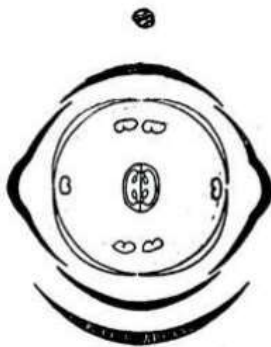
*Heracleum
sphondylium*



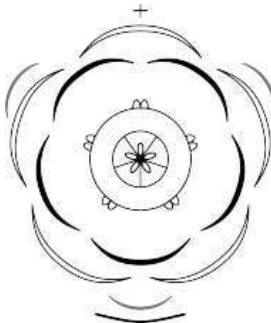
*Symphytum
officinale*



Brassica repanda



Malva sylvestris

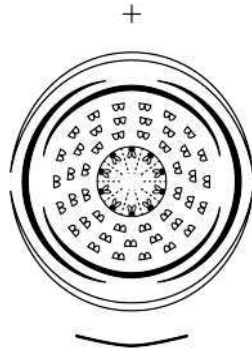


Reproduction sexuée
 Différentes étapes du développement de la fleur
 -Diversité de l'organisation florale

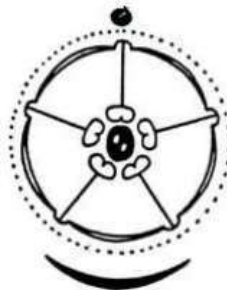
Campanula rotundifolia



Papaver rhoeas



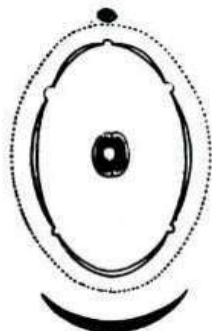
Carduus nutans



Fleur tubulée



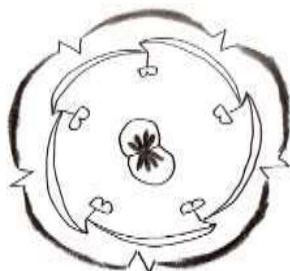
Taraxacum officinale



Fleur ligulée

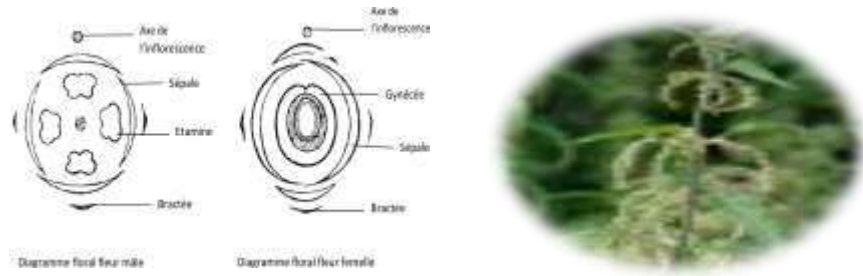


Lycopersicon esculentum



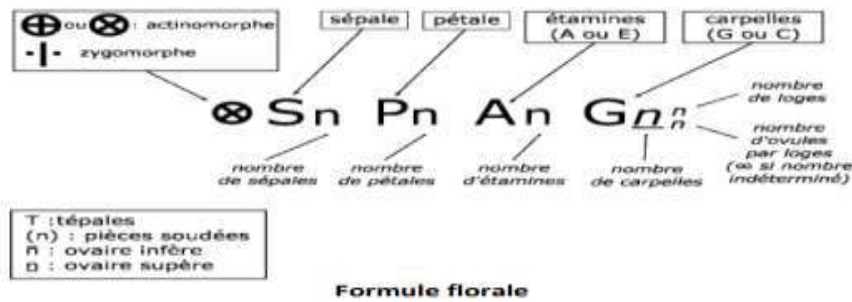
Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Diversité de l'organisation florale

Urtica dioica



L. Formule florale :

C'est une description simplifiée de l'organisation des pièces florales. Elle indique le nombre et l'identité des pièces florales.



A partir du diagramme floral on peut retirer la formule florale de la plante :

Exemple : Formule florale par famille :

- | | |
|---|--|
| Poaceae : 2T+ 3E+ (3C) | Lamiaceae : (5S) + ((5P) + 4E) + (2C) |
| Liliaceae : 6T+6E+(3C) | Amaranthaceae : 3 à 4 S+ 0 P+ 1 à 2 E+ 2 à 3C |
| :(3+3) T + (3+3) E + 3C | Malvaceae : 3s+5S, 5P, (n E), (5C) |
| Orchidaceae : 6T+ 1E+ (3C) | Rosaceae : 5s+5S+ 5P+ nE+ nC ou 1 C |
| Papavéraceae : 2S + (2+2) P+ (n) E +n C | Fabaceae : (5S) + 5P+ (9E) + 1E+ 1C |
| Oléaceae : 4S+ 4P+ 2 E + 2C | :(5S) + 5P+ (5E) + (5E) + 1C |
| Brassicaceae : 4S, 4P, 2E + 4E, (2C) | :(5S) + 5P+ (10E) + 1C |
| Apiaceae : 5S+5P+5 E+2C | Asteraceae : Fleur tubulée : (0 ou 5S) + (5P) + (5E) + (2C) |
| Boraginaceae : (5S) + ((5P) + 5E) + (2C) | Fleur ligulée : (0 ou 5S) + (2+3P) + (0E) + (2C) |
| Cucurbitacées : ♀: 5S+ (5P) + (3C) / ; ♂ :5S, (5P), (5E) | |
| Dianthaceae : 5S ou (5S) +5P+ 5+5E+ (3C) | |

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
Origine de la fleur

- **Origine de la fleur,**

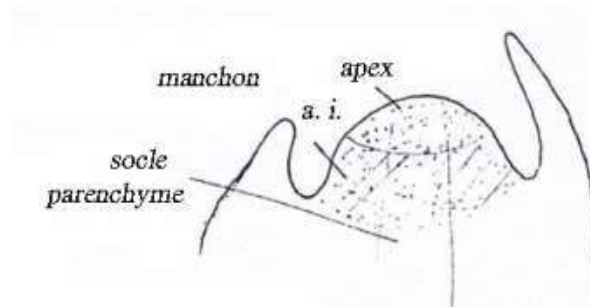
Au sommet d'une tige avec une ou plusieurs fleurs. Pour les tiges, l'anneau initial de points de croissance forme la feuille, la bande apicale avec moins de méristèmes est relativement indolente et le méristème médullaire forme la moelle.

Chez les fleurs, lorsque le contour final de la feuille est terminé, l'apex devient plus proéminent et bombé, ce qui commence à former le réceptacle : l'apex entier devient un méristème.

– Le manchon formé par l'anneau initial et les couches périphériques de l'apex, qui se bifurquent, ce manchon est à l'origine de toutes les pièces. Les anneaux initiaux forment des sépales et des pétales. L'apex produit des étamines et des carpelles.

Toutes ces parties sont formées d'un seul primordium.

– La base parenchymateuse recouverte par la canule, qui va fournir le parenchyme médullaire du vaisseau.



Reproduction sexuée

Différentes étapes du développement de la fleur

Fonctions et adaptations de la fleur, Tendances évolutives de la fleur

- Fonctions et adaptations de la fleur

- Elles possèdent des organes spécialisés dans la production de gamètes (le pistil et les étamines).
- Couleur qui attire les insectes : Ranunculaceae
- Forme qui attire les insectes : Orchidaceae
- Presence de glandes à nectar : Campanulaceae
- Odeur qui attire les insectes : Rosaceae
- Presence d'un rostellum : *Orchis sambicina*, *Vanilla planifolia*,

- Tendances évolutives de la fleur.

La fleur constitue une nouveauté morphologique importante dans l'évolution des plantes.

1 Différenciation calice / corolle

2 Fusion calice et corolle : Formes florales complexes ; Protection contre visiteurs illégitimes et Augmenter la spécificité des visites.

Trompettes



Campsis radicans

Cloches



Harrimanella hypnoides

Tubes



Lonicera implexa

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Formation des différents organes

2. Différentes étapes du développement de la fleur :

- Formation des différents organes :

Le développement de la fleur ou de l'inflorescence clôturé l'activité méristématique de l'apex de la tige. Au cours de la transmission florale, cet apex subit une série de modifications physiologiques et structurales qui le transforme en apex reproducteur

La floraison d'une plante annuelle indique que la plante arrive au terme de son cycle de développement. Par contre, la floraison des plantes vivaces peut se répéter

On observe la figure xxx nous

- (b) Apex floral(A) à l'aisselle d'une bractée (B) ;
- (c) Cinq première sépales (S) sont apparus autour de l'apex floral ;
- (d) Cinq première de pétales (P) sont visible autour de l'apex floral ; ils alternent avec les sépales(S).Au cours de leur développement, les sépales vont former le tube du calice ;
- (e) Apparition de cinq première étamines (deux sont indiqués par les flèches) autour de l'apex floral ; ils alternent avec les pétales(P) ;
- (f) Apparition d'un second verticille d'étamines (flèche) alternant avec le premier (ST). Le carpelle (C) est apparu au centre de l'apex floral. Toutes les pièces florales sont ainsi présentes.
- (g) Le carpelle a formé une fente qui deviendra la cavité ovarique. Dans le premier verticille (externe), les étamines (ST) commencent à se différencier en anthères et filets, (ST2) représente le second verticille ou verticille interne d'étamines.
- (h) Le carpelle commence à se différencier en style et ovaire.
- (i) Fleur plu développée, dont on voit les deux verticilles.
- (j) Fleur plus avancée dont on a enlevé des étamines pour montrer le carpelle avec l'ovaire (O), le style et le stigmate (flèche) différenciés. On a enlevé la pointe des bractées sous-tendantes dans les figures (b) à (i). De (f) à (i) on a en outre enlevé la plupart de sépales et des pétales.

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
-Formation des différents organes

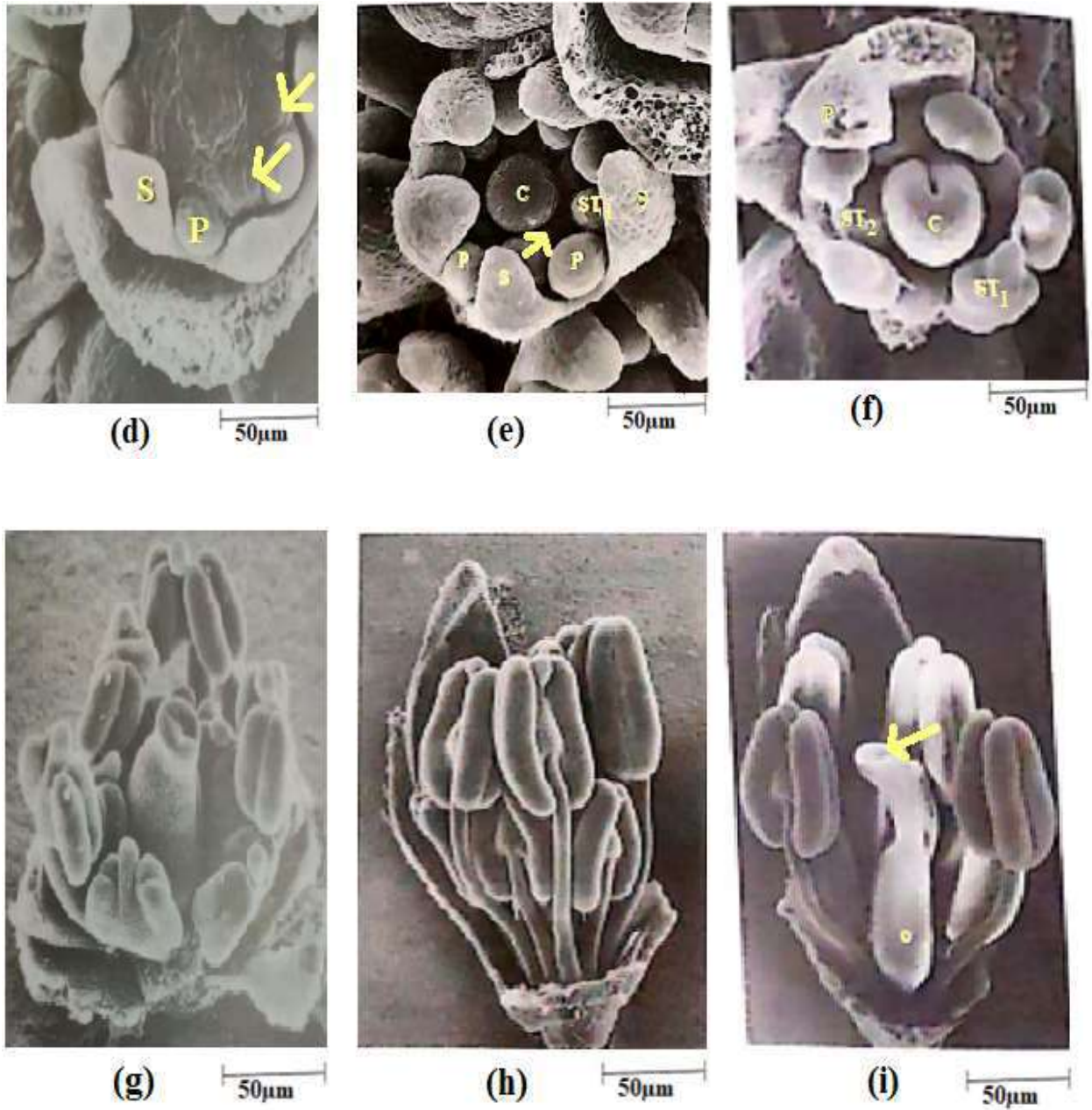


Figure 12 : Origine d'une fleur (Micrographies au microscope électronique à balayage)

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
- Modèle de contrôle génétique du développement des organes

- Modèle de contrôle génétique du développement des organes

1. La brassicaceae : *Arabidopsis thaliana* ; Ce taxon possède des fleurs bisexuées.

(Fig. 13). Pendant la transition florale, il produit une hampe florale (hf) au sommet de laquelle se développent les boutons floraux (bf).

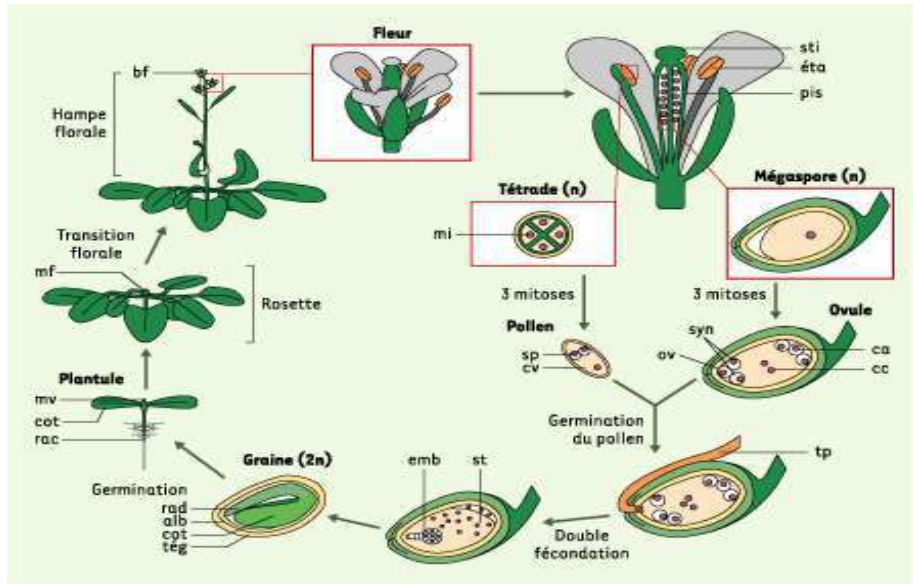


Figure 13 : Cycle de croissance d'*Arabidopsis thaliana*

2. Description des mutants de classe A, B et C et établissement du modèle ABC

Trois classes de mutants allogéniques (A, B et C) affectant l'identité des organes dans deux cycles adjacents ont été identifiées par l'étude des mutants floraux.

Le gène A : affecte la croissance des sépales et des pétales.

Le gène B : affecte la croissance des pétales et des étamines

Le gène C qui influence le développement du pistil et des étamines :

2.1 Mutants de classe A :

Les mutants de classe A ont des sépales présentant des caractéristiques carpiniennes (stigmate à l'apex et éventuellement ovules à la marge). Les pétales sont anormaux et présentent des caractéristiques d'une anthère (réticulation à la base et parfois étamines au sommet). Ainsi, cette mutation correspond à la transformation allogénique des sépales en carpelles et étamines de pétales. Deux mutants ont le même phénotype, le mutant *apetala1* et le mutant *apetala2*. Les mutants homozygotes de l'allèle *apetala 2-1* ci-dessus présentent une transformation homologue incomplète.

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
- Modèle de contrôle génétique du développement des organes



2.2 Les mutants de classe B

Les pétales de la fleur sont remplacés par des sépales dans les mutants de classe B. Des cartons ont été utilisés pour remplacer la poussière. En conséquence, en raison d'un obstacle stérique, le centre de la fleur est constitué de deux anneaux mal fusionnés. "Pistil; est grand et de forme irrégulière. Ainsi, cette mutation indique la conversion homéotique des pétales en sépales et des étamines en bractées. Les mutants du gène *apetala3* et du gène *pistillata* étaient identiques. Les mutants homozygotes de l'allèle *pistillata-1* mentionné ci-dessus présentent une transformation homologue complète.

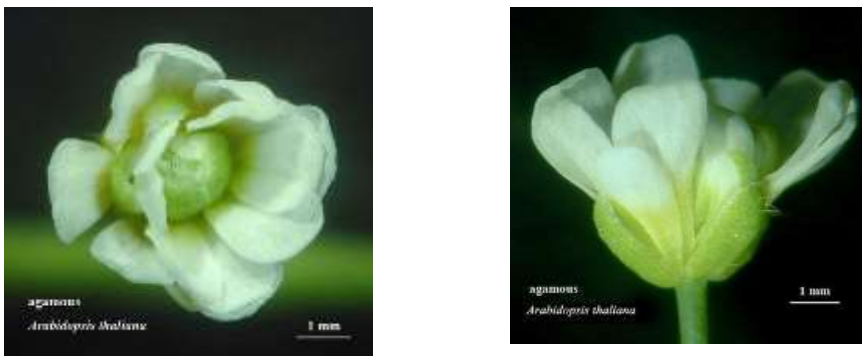


Fleur du mutant *agamous-1* (observée à la loupe binoculaire)

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
- Modèle de contrôle génétique du développement des organes

2.3 Les mutants de classe C

La fleur produit de nombreux organes. Le premier cercle est composé de sépales tandis que le second est composé de pétales. Des pétales remplacent les étamines au niveau du troisième verticille, tandis que les sépales remplacent les pétales au niveau du quatrième verticille. De plus, de nouveaux verticilles se forment toujours dans le même ordre (sépales/pétales/pétales) au centre de la fleur. Par conséquent, les mutants de classe C ont un double phénotype. Ce double phénotype était unique pour les mutants sans gènes gamétiques. Les mutants homozygotes de l'allèle *agamo-1* mentionné ci-dessus présentent une transformation homologue complète.



Fleur du mutant *agamous-1* (observée à la loupe binoculaire)

2.4 L'établissement du modèle ABC

Les mutants ABC ont été caractérisés pour créer le modèle ABC, qui explique les mécanismes qui déterminent les différents organes floraux. Les gènes de classe A et de classe B au cycle 2 conduit au développement des pétales.

- ✓ Les gènes des classes B et C au stade 3 conduit au développement d'anthers. 4. à son tour, des gènes de classe C conduit à elle seule au développement du carpe.
- ✓ Les fonctions A et C sont opposées. Chez les mutants de classe A, la fonction C s'étend sur tout le brin et vice versa.

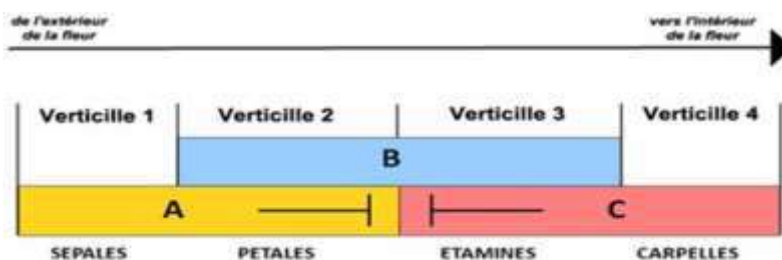


Figure 16 : Représentation la plus courante du modèle ABC

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
 - **Modèle de contrôle génétique du développement des organes**

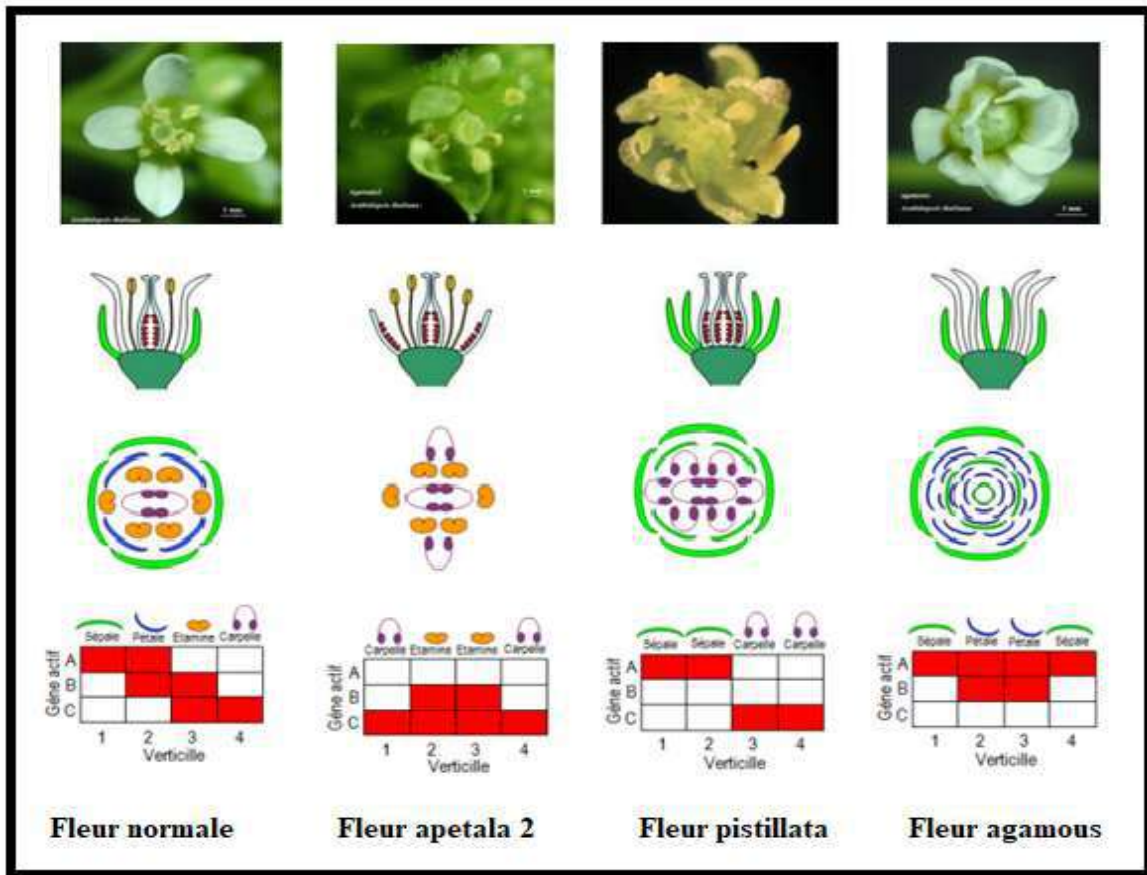


Figure 18: *Arabidopsis thaliana*, fleur mutantes et diagrammes floraux

Activité des genes	Verticille 1	Verticille 2	Verticille 3	Verticille 4
A				
B				
C				
	C	E	E	C

Figure 19: Mutant Apetala 2: Mutant du groupe A; transformation des sépales en carpelles et pétales en étamines

Activité des genes	Verticille 1	Verticille 2	Verticille 3	Verticille 4
A				
B				
C	S	P	P	S

Figure 20: Mutant Agamous: Mutant du groupe C; transformation des étamines en pétales et des carpelles en sépales

Reproduction sexuée
Différentes étapes du développement de la fleur
 - Modèle de contrôle génétique du développement des organes



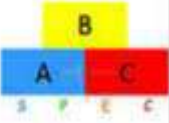


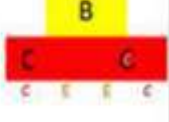





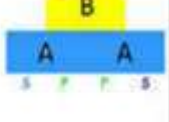
	Phénotype	Verticilles				Diagramme floral	Expression des gènes affectés dans la fleur	Nom des gènes pouvant être affectés
		V1	V2	V3	V4			
Fleur sauvage		Se	Pe	Et	Ca			
Mutant Classe A		Ca	Et	Et	Ca			APETALA 1 (AP1) APETALA 2 (AP2)
Mutant Classe B		Se	Se	Ca	Ca			PISTILLATA (PI) APETALA3 (AP3)
Mutant Classe C		Se	Pe	Pe	Se			AGAMOUS (AG)

Figure 21 : Mutants de classe A, B et C et établissement du modèle ABC

Reproduction sexuée
Pollinisation et fécondation
Différents modes de pollinisation

M. Pollinisation et fécondation :

La pollinisation est la base de la fécondation et de la reproduction sexuée. Ceci est important pour préserver et diversifier les écosystèmes.

Le transfert du pollen d'une plante de l'organe reproducteur mâle à l'organe reproducteur féminin est appelé pollinisation. L'anthère, à l'organe reproducteur femelle, le nid. Cela permet la fécondation, qui conduit à la naissance de nouvelles plantes.

Selon les espèces, la pollinisation peut impliquer une fleur (autopollinisation) ou deux fleurs distinctes (pollinisation croisée). Les pollinisateurs peuvent être abiotiques (vent et eau) ou biotiques (animaux).

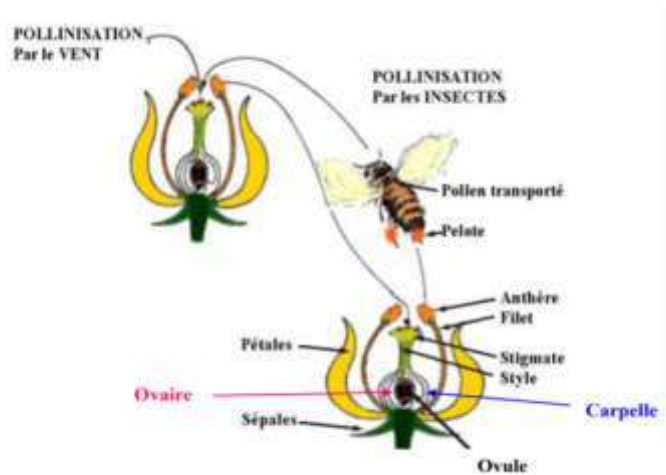


Figure 22 : Pollinisation par le vent et insectes

3.1 . Différents modes de pollinisation

- Pollinisation peut se faire par :
 - ❖ **Autopollinisation.** le stigmate des fleurs reçoit du pollen de la même plante. Ce modèle est courant mais pas obligatoire dans les graminées cultivées. Par contre, c'est un must dans les fleurs qui ne s'ouvrent pas (mariage caché) comme Violet.
 - **Pollinisation croisée.**le stigmate d'une fleur qui reçoit un pollen d'une autre plante ; peut favoriser la pollinisation croisée :
 - ✓ Les fleurs mâles et femelles doivent être placées sur des pieds distincts,
 - ✓ En raison du manque d'organes reproducteurs propres Maturité simultanée: le pollen est libéré tôt et le stigmate est immature (protandrie) ou le stigmate est reçu alors que l'étamine est jeune (protogynie),

Reproduction sexuée
Pollinisation et fécondation
Différents modes de pollinisation

- **Différents vecteurs de pollinisation**

En fonction du vecteur de pollinisation (eau, insect, oiseau...etc) on distingue généralement les différents types de pollinisation les plus fréquents :

- a. **L'anémophilie**, la pollinisation par le vent ;



Certaines de ces fleurs « *Plantago media* » sont appelées « **ambophiles** » car elles sont pollinisées par le vent et les insectes.

- b. Pollinisation par l'eau ou **Hydrophilie**,
c. Pollinisation par les oiseaux **Ornitophilie**,

Dans la plupart des cas, des oiseaux à long bec comme le **colibri**.

Oiseaux



- ❖ La pollinisation par les insectes est connue sous le nom d'**entomophilie**, qui comprend les coléoptères (scarabées, coccinelles, cantharides...), les diptères (mouches, syrphes...). Les lépidoptères comprennent les papillons et les hyménoptères tels que les guêpes, les bourdons et les abeilles.

Reproduction sexuée
Pollinisation et fécondation
Différents modes de pollinisation

Hyménoptères

abeilles



bourdons



guêpes



Lépidoptères

papillons diurnes



papillons nocturnes



Diptères



Coléoptères

Reproduction sexuée
Pollinisation et fécondation
Différents modes de pollinisation



- d. La pollinisation par les chauves-souris est connue sous le nom de **chiropterophilie**. Les chauves-souris pollinisent les fleurs qui fleurissent la nuit.

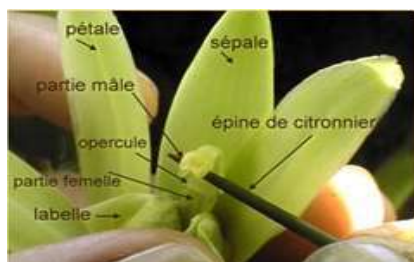
chauves-souris (*Anoura fistulata*)

Trianaea sp. (Solanaceae)

Burmeistera sodiroana (Campanulaceae)



- e. **La pollinisation artificielle** (également appelée manuelle ou mécanique) est une technique utilisée dans l'agriculture lorsque la pollinisation spontanée est insuffisante, et il se fait grâce au transfert manuel de pollen au moyen de brosses appropriés ou frotter directement les fleurs mâles sur les pistils des fleurs femelles. L'utilisation de ces techniques peut être rendue nécessaire par l'absence de pollinisateurs naturels, en raison de la culture des espèces en dehors de leur région : le cas de *Vanilla planifolia*)



- ✓ Il suffit alors de presser pour mettre en contact les parties mâle et femelle

Reproduction sexuée
Pollinisation et fécondation
Significations évolutives du double fécondation, du développement de l'embryon et de l'albumen

3.2 Tube pollinique, Origine et Mécanismes de la double fécondation

Les étapes pour la production d'une graine.

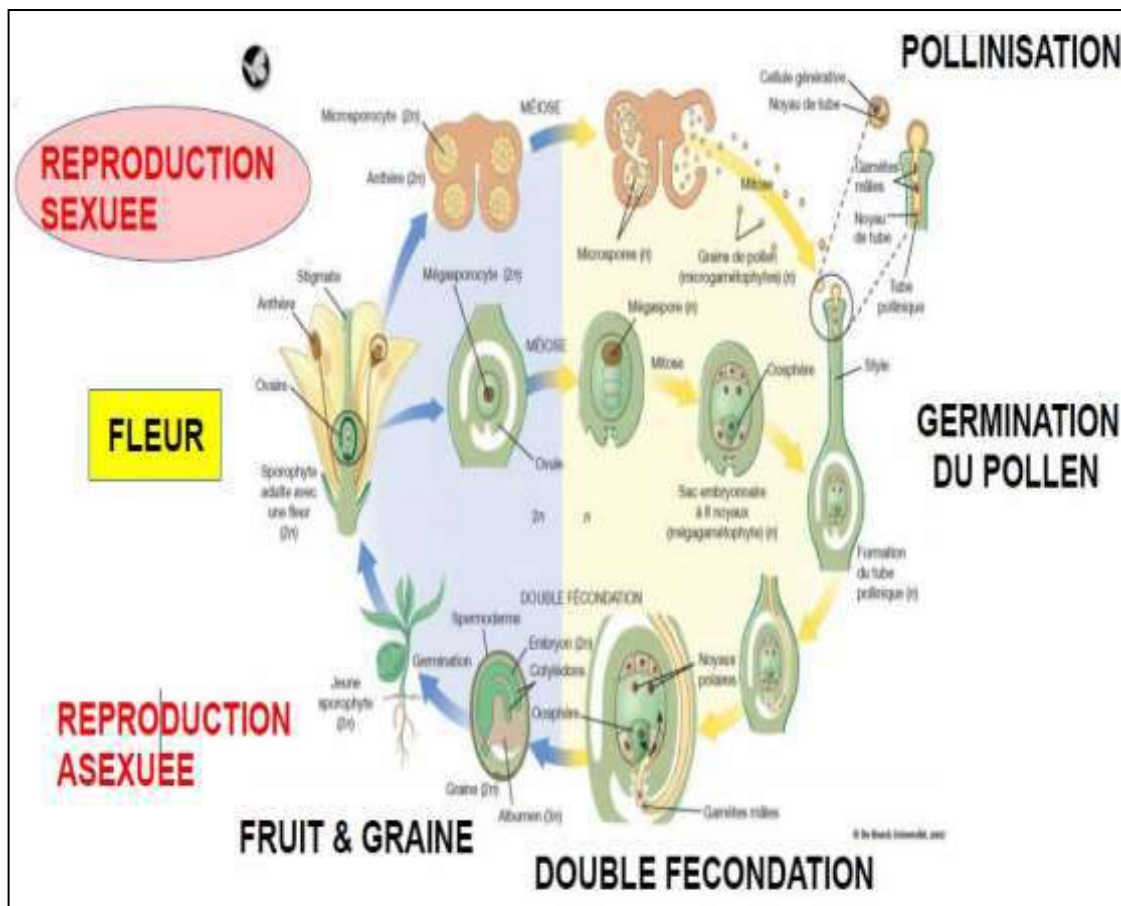


Figure 23 : Production d'une graine

Les tubes polliniques (Fig. 24) germeront à partir des grains de pollen et, comme les racines, couleront et traverseront le tissu floral pour entrer en contact avec les ovules. Le tube interagira avec différents types de cellules dans sept tissus avant d'atteindre l'ovule :

1. Stigmate,
2. Pistil,
3. Placenta,
4. Funiculus
5. Funicule passe le faisceau conducteur qui alimente l'ovule)
6. le tégument, (épaississement de la paroi des synergides)
7. Les synergides.

Reproduction sexuée
Pollinisation et fécondation
Significations évolutives du double fécondation, du développement de l'embryon et de l'albumen

Le pollen a deux noyaux qui jouent deux rôles différents :

Le noyau **végétatif** est chargé d'accumuler les matières premières nécessaires à la croissance du tube et d'entrer en contact avec l'ovule. Ce noyau se détériorera plus tard.

Le noyau **génératif**, également connu sous le nom de spermatogène, contient la substance génétique. Il se divisera en deux noyaux spermatiques pendant sa progression dans le tube pollinique, chacun ayant un rôle unique pendant que de la double fécondation de l'ovule.

Pour le moment, une seule synergide pénètre dans le tube pollinique sans savoir comment choisir entre eux. Les deux spermatozoïdes sont libérés à 1,2 mm par seconde dès que la tête du tube éclate.

La synergide, qui avait déjà commencé à se détériorer lors du contact, se poursuit pour créer un embryon diploïde lorsque l'un des spermatozoïdes fusionne avec l'oosphère, tandis que l'autre se joint aux deux noyaux polaires fusionnés pour former l'albumen triploïde, qui sera la réserve nutritive de l'embryon et sera extrêmement bénéfique pour la germination de la graine.

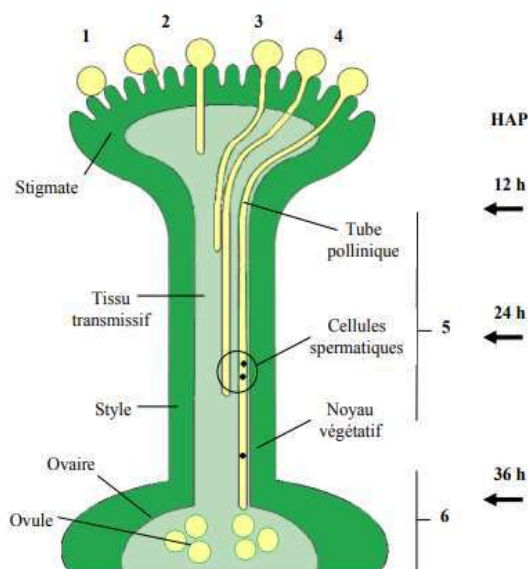


Figure 24 : Stades d'interaction entre les grains de pollen et les différents tissus récepteurs femelles.

1- Adhésion des grains de pollen. 2- Hydratation. 3- Germination. 4- Pénétration des tubes polliniques. 5 Croissance à travers le tissu transmissif. 6- Entrée dans l'ovaire et fécondation. HAP : heures après pollinisation. Le temps est une approximation.

(Schéma adapté de Hiscock and Allen, 2008).

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

2.3 Pollinisation et fécondation : Dissémination des fruits et des graines

- **Fruit** : Le fruit est l'organe qui contient les graines qui découlent de la transformation de l'ovaire de la fleur après la fécondation.

La paroi du fruit ou de l'enveloppe de la graine est formée d'épicarpes, de mésocarpes et de poils internes de l'extérieur vers l'intérieur. Un développement relatif et la composition de ces trois parties distinguent les fruits juteux des fruits secs.

Exemple développement du fruit « gousse » d'une fabaceae

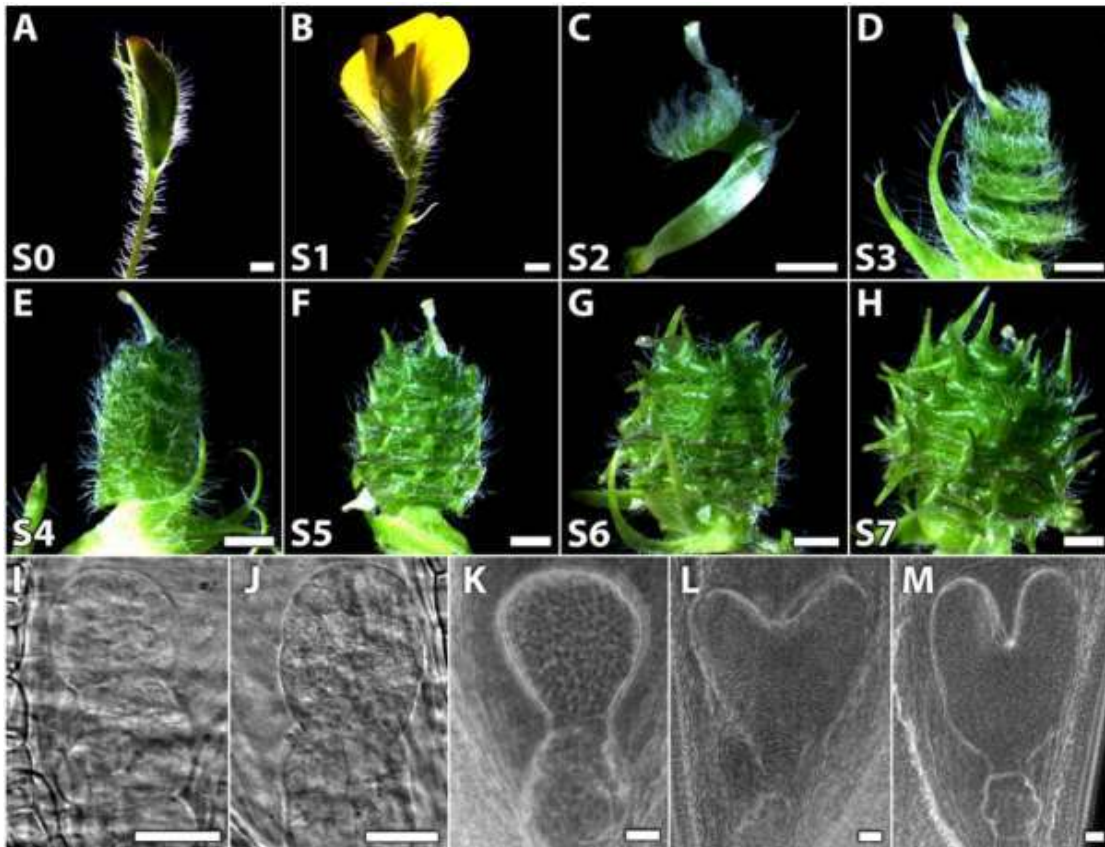


Figure 28 A à H : Développement de la fleur à la gousse au cours des différents stades de l'embryogénèse.


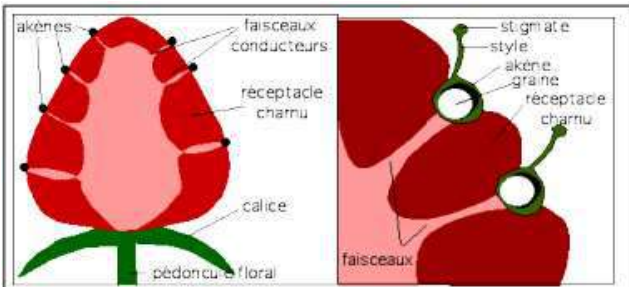
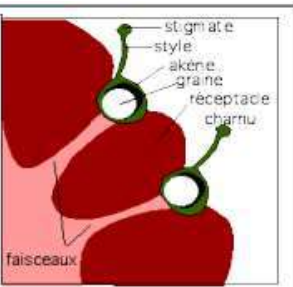

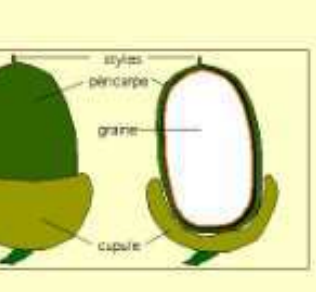
A : fleurs deux jours. B : fleurs ouvertes C à H : gousse en développement (stade S2 : 2,5-3 jap ; stade S3 : 3-4 jap, stade S4 : 3,5-4,5 jap ; stade S5 : 4-5,5 jap ; stade S6 : 5-6,5 jap et stade S7 : 6-7,5 jap). Echelle 2mm.

I à M : Développement de l'embryon des stades S3 à S7. I : stade 8-16 cellules (S3) ; J : stade pré-globulaire (S4) ; K : stade globulaire (S5) ; L : stade cœur (S6) ; M : stade torpille (S7). Echelle 25µm

Figure extraite de l'article de Kurdyukov et al. 2014.

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

Tableau III : Type de fruits

Les fruits secs		Illustrations	
<p>Akènes : Les akènes sont des fruits secs avec une seule graine et ne s'ouvrent pas à maturité. Les akènes peuvent être de différents types :</p>	<p>La samare : Deux akènes ailés composent la samare, qui est très légère. Le fruit d'<i>Acer negundo</i> est un exemple.</p>		<p>Un fruit d'<i>Acer negundo</i>: 2 akènes ailés</p>
	<p>Les nucules : forme un akène avec une paroi de fruit très dure. Exemple : <i>Corylus avellana</i> ; <i>Quercus suber</i>; <i>Tilia sylvestris</i></p>	 <p>Document 43: Structure d'une fraise (faux-fruit du fraisier)</p>	 <p>Les akènes de <i>Fragaria vesca</i></p>
			

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

Les polyakènes Exemple : *Ranunculus asiaticus*.



Ranunculus asiaticus.

La cypsèle. C'est un fruit typique de la famille des Astéracées. Exemple : Un pissenlit très léger surmonté d'un héron en forme de parachute







Les cypsèles du *Taraxacum officinale*




Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

La capsule :

La capsule est un fruit séché plein de graines. Par exemple, on peut citer le coquelicot, le dé à coudre, le lys, la tulipe...

Pyxides (<i>Plantago media</i>)	Fentes (<i>Castanea sativa</i>)	Pores (<i>Papaver rhoeas</i>)	Siliques (<i>Raphanus sativus, Brassica oleracea,</i>)
			

Gousse et follicule

Gousse Il s'agit de fruits secs avec plusieurs graines et deux valves (<i>Vanilla Planifolia, Pisum sativum...</i>)	Follicule Dans le cas d'un (<i>Illicium verum</i>), une valve « follicule. »	Certaines gousses ont la particularité de s'enterrer avant de terminer leur maturation (<i>Arachis hypogaea</i>).
		

Le caryopse :

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

Les caractéristiques des caryopses sont similaires à celles des Akènes, mais leur enveloppe externe, appelée péricarpe, est fusionnée avec la graine. La famille **Poaceae** comprend des fruits communs appelés **caryopses**.



Caryopse *Triticum durum*

Les fruits charnus :

Les fruits charnus ont une chair qui se brise rapidement pour libérer les graines sclérotiques, qui ont un contour durci.

Les drupes et les polydrupes ont des graines ou des noyaux. En général, ces fruits sont comestibles. (mais ce n'est pas toujours le cas!) Exemple : *Prunus persica* ...



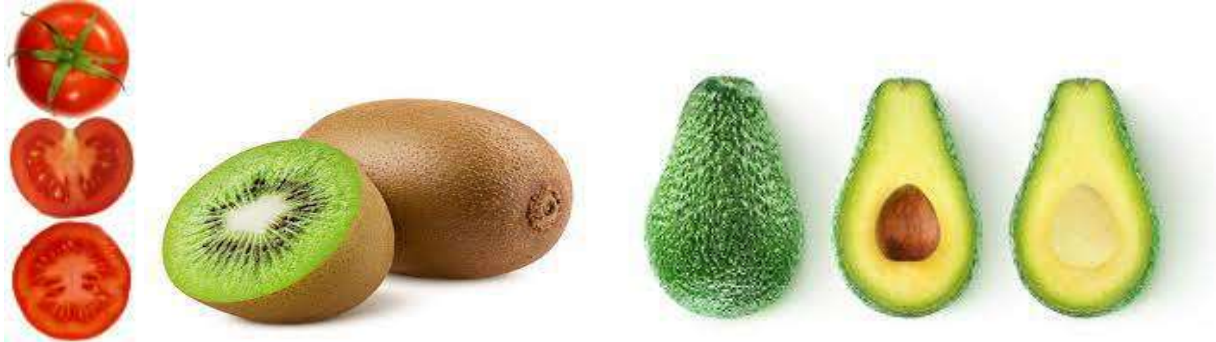
Drupe de *Prunus persica*

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

La baie :

Les baies et les drupes ont les mêmes caractéristiques sauf que la graine n'est pas sclérifiée.

En botanique, les **baies** de *Solanum lycopersicum* L., *Actinidia deliciosa* et *Persea americana* sont considérées comme des fruits.



De même, les **hespérides** sont des **baies** des agrumes.



Les baies du *Theobroma cacao*, appelées **cabosses**, poussent directement sur le tronc de l'arbre.



Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

En ce qui concerne les plantes *Cucumis melo* L. et *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai, ont des baies qui sont appelées **péponides**.



Les piridions

Le fruit est entre la baie et la drupe

En raison du fait que les pièces florales participent à la formation du fruit plutôt que le seul pistil, comme c'est le cas chez les fruits, ils sont également appelés « faux fruits ». Comme *Cydia pomonella*, *Mespilus germanica*, *Pyrus communis* L.



Pollinisation et fécondation Dissémination des fruits et des graines

➤ La graine

Une graine est produite lorsque l'œuf fécondé (cellule mère) se transforme en grain de pollen (cellule père). Elle contient l'albumine, la nourriture de l'embryon, qui contribue au développement de l'embryon. Cette graine est souvent entourée d'une coque durcie qui protège le futur individu.

Grâce aux graines, les plantes peuvent migrer vers de nouveaux environnements, évitant la concurrence et créant des conditions plus favorables pour l'espèce.

Ils sont résistants au gel et à la sécheresse grâce à certaines caractéristiques.

La graine est fortement séchée, ce qui la rend lente et conserve plus longtemps. Par exemple, des graines de *Silene stenophylla* vieilles d'environ 30 000 ans ont été germées.

Il peut mieux résister aux fluctuations aléatoires des facteurs environnementaux grâce à certains phénomènes d'inhibition et d'hibernation. En revanche, d'autres processus nécessitent une grande quantité de chaleur pour commencer. Les graines d'orchidées (*Dendrobium* sp.) peuvent peser seulement 2 microgrammes à plus de 20 kg (*Cocos nucifera* L.).

➤ Méthodes de dispersion

Les plantes ayant une durée de vie définie ont développé divers systèmes pour leur propagation des graines et ainsi coloniser les milieux.

Lorsque la graine qu'il contient est prête, un fruit est généralement mûr. Les fruits se développent et changent en fonction des méthodes de diffusion. Il existe plusieurs méthodes pour répandre les graines (et ils peuvent en utiliser plusieurs).

A. Selon la gravité :

- Les graines sont transportées, tombent au sol et évoluent. Elles s'ouvrent en séchant. Cela s'applique au châtaignier, au châtaignier, au noyer, à la noix de coco et au chêne (bien que les animaux puissent cacher des glands).
- La plante peut regrouper ses petites graines en boules, qui peuvent tomber et rouler, transformant ainsi une graine en un grand groupe. Cela concerne le *Platanus acerifolia*.

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

B- Par les propres moyens de la plante :

- **L'autochorie** consiste à disperser leurs graines par des techniques mécaniques, souvent brusques.



Photo 1 : Autochorie d'*Ecballium elaterium*

- Ils ont la capacité de produire beaucoup de graines. très petites et ont des fruits qui s'ouvrent pour les libérer lorsque la plante bouge (comme une salière). Le pavot, le lin...
- D'autres végétaux explosent lorsqu'ils sont touchés : l'*Ecballium elaterium*, les baumes et le cucum... Les graines sont catapultées par divers déclencheurs (détachement, eau sous pression, air sous pression, etc.) et peuvent parfois projeter jusqu'à 10 mètres de distance! *photographié par le Jardin Botanique de Bordeaux



Photo 2 : Graine de l'*Erodium cicutarium* Dispersion par explosion puis auto-enfouissement

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

C. L'hydrochorie est causée par l'eau : Un grand nombre de plantes aquatiques produisent leurs fruits et graines dans l'eau ou à la surface de l'eau.

Les graines matures sont expulsées de l'ovaire ou sont entraînées par l'eau. Un exemple est le *Lotus corniculatus* L.



Photo 3 : Hydrochorie chez le nénuphar jaune

Il comprend l'utilisation de l'eau par la Terre sous divers aspects, pluie, ruissellement, inondations, courants marins...Mais cette utilisation ne se limite pas aux plantes aquatiques.

Sur terre deux formes répandues :

❖ **La nautochorie** est un moyen de disperser les graines en flottant sur de l'eau douce ou salée. Grâce à ce système, le *cocos nucifera* L. a réussi à coloniser toutes les plages tropicales et subtropicales de la planète.



Photo 4 : La noix de coco germant sur une plage :nautochorie.

❖ **L'ombrochorie** s'applique principalement aux plantes à spores ; les champignons dispersent les graines par la pluie, qui, après leur chute, assurent la dispersion par pulvérisation.

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

D. L'anémochorie est causée par le vent.

Les graines qui sont transportées par le vent sont légères et sont équipées d'un certain nombre d'accessoires qui leur permettent de voler. Il arrive parfois qu'ils parcourent plusieurs kilomètres avant de retourner sur terre.

Par exemple *Clematis cirrosa* L., *Fraxinus Excelsior* L., *Ulmus rubra*, *Tilia platyphyllos*. Elles peuvent être équipées de pailles très légères et longues qui entourent la graine, d'un petit pompon,...

Pour se propager, certaines plantes comme *Daucus carota* L. assemblent leurs fleurs et leurs graines en parapluies. Le parapluie se détache et est emporté par le vent lorsqu'il est à maturité.



Photo 5 : Graines de coton prêtes à s'envoler

E. Les animaux, y compris les hommes, sont responsables de :

➤ **La zoochorie** C'est le principal moyen de dissémination des plantes à fleurs. Les différents types de transport sont les suivants :

➤ **En dehors du corps de l'animal :**

➤ **L'épizoochorie.**

Le fruit ou la graine s'accrochent à la fourrure ou se coincent dans les sabots (mode passive). Ces fruits ont des crochets ou des aiguillons pour se fixer sur les toisons. par exemple : *Arctium lappa* ,*Galium Minutulum* ...

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines



Photo 6 : *Arctium lappa* s'accroche aux pelages

➤ **Myrmécochorie : De la part des fourmis.**

Ces graines ont une petite hernie appelée élaïosome, qui contient de nombreuses substances grasses appréciées des fourmis. Elles transportent les graines dans leur nid, consomment l'élaïosome et retirent la graine qui peut encore germer. Diverses graines utilisent cette méthode..par exemple : *Chelidonium majus*, *Viola odorata* L. *Ricinus communis*



Photo 7 : Une fourmi transportant une graine à élaïosome

F. Endozoochorie au sein de l'animal.

Pour que ce mode de dispersion se produise, le fruit doit être ingéré. Ainsi, c'est le meilleur moyen de diffusion des fruits et des baies. L'animal les mange et rejette les graines dans ses excréments tout au long de ses voyages. Par exemple : *Viscum album* L., *Potentilla indica*, *Morus alba*...

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines



Photo 8 : Pour répartir ses graines en hauteur, le *Viscum album* L. nécessite l'aide d'oiseaux comme la grive.

G. Anthropochorie causée par l'homme

On parle d'hémérochorie lorsque certaines graines voyagent pour être cultivées. Un exemple en est le jardin botanique.

Cependant, il arrive parfois que les graines se déplacent sans que nous ayons pris conscience de cela... Cela s'applique aux chaussures et aux vêtements humains.



Photo 9 : Anthropochorie

H. La dyszoochorie

Les animaux stockent des réserves pour l'hiver dans les cachettes lorsque les graines sont abondantes. Les responsables de cette dispersion sont les écureuils et les rongeurs. Une fois les graines cachées, certaines sont oubliées et peuvent germer. Par exemple : *Quercus suber* ; *Corylus avellana* , *Fagus sylvatica*....



Photo 10 : Dissémination des graines par la dyszoochorie

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

3. Diversité et évolution des systèmes de reproduction

Le système de reproduction détermine :

- la méthode d'amélioration
- les procédures de multiplication et de maintenance des variétés développées
- Comprendre la biologie florale pour bien maîtriser les croisements artificiels

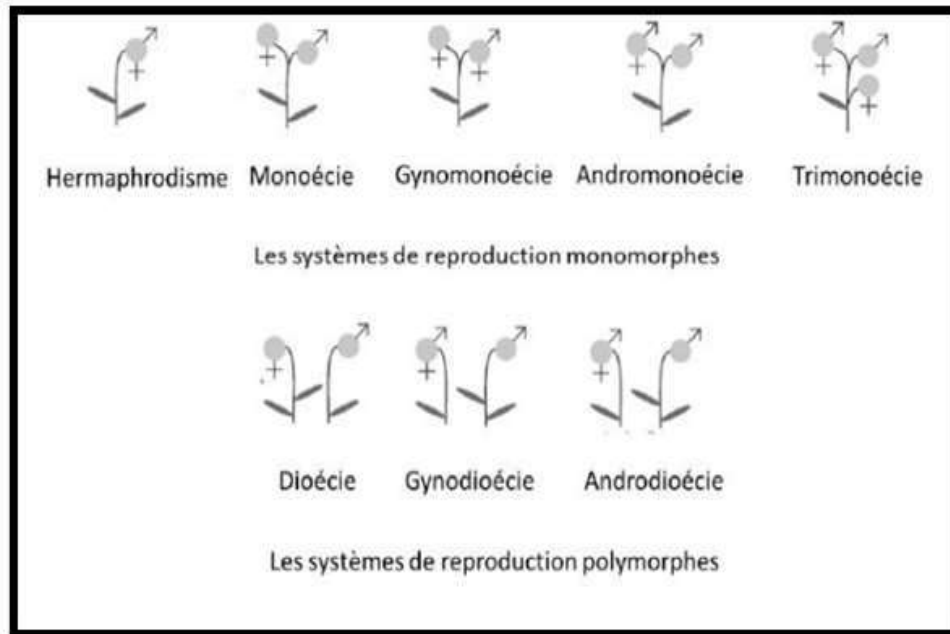


Figure 29 : Type de la fleur système de reproduction

La reproduction des plantes s'effectue par deux processus : la reproduction sexuée et asexuée. La première forme de reproduction, appelée reproduction asexuée, génétiquement identique à la plante mère. Elle se fait par production de fragments de tige ou de rhizome, de bulbes ou de tiges, ou par stratification aérienne ou souterraine. Cela est particulièrement vrai pour la glycine, l'iris, les tulipes, les fraises, la pervenche, etc.

La reproduction sexuée, également connue sous le nom de fécondation, implique la fusion de deux cellules sexuelles mâles et femelles produites par les plantes parentales. qui donneront une seule graine dont le patrimoine génétique est celui des 2 parents.

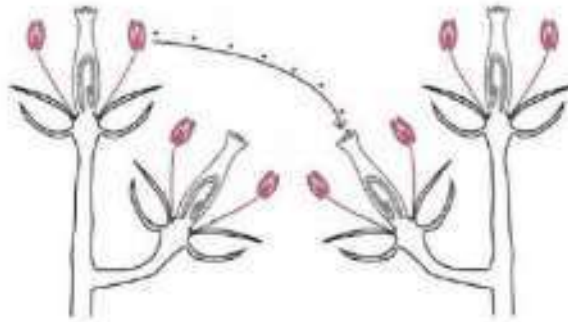
Regardons cette reproduction sexuée.

- **Systèmes de reproduction** : constitue une étape essentielle pour toute stratégie de conserver, améliorer et choisir les caractères d'intérêts en général, Le mode de reproduction des plantes à fleurs est soit sexué, soit asexué.
- **L'autogamie et l'allogamie sont deux types de reproduction sexuée des plantes.**
 - sur les changements dans les populations et les espèces
 - sur la diversité génétique et la structure des populations

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

Les mécanismes impliqués dans l'allogamie

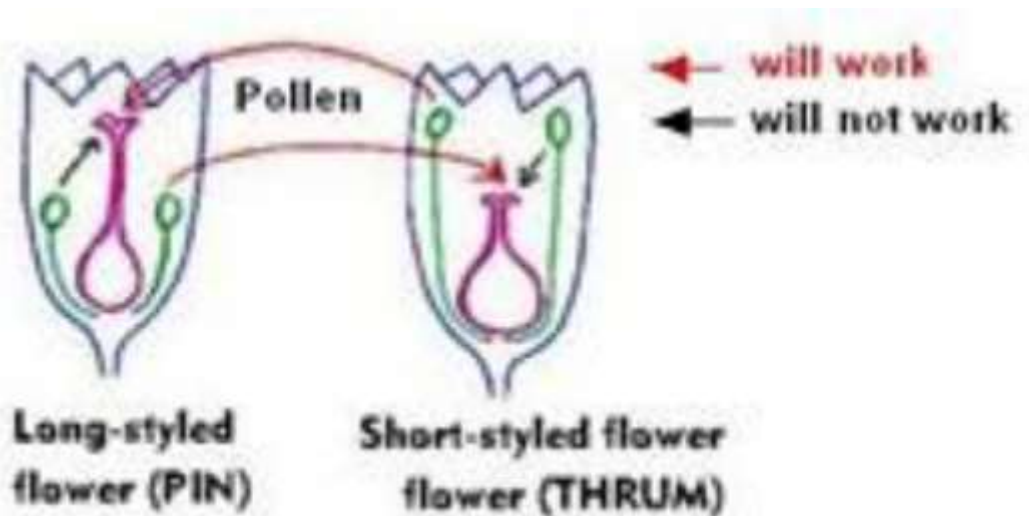
Chez les plantes à pollinisation croisée, Plusieurs mécanismes, tels que la parthénogenèse (où deux sexes différents sont présents sur la même plante), le dimorphisme (où deux sexes différents sont présents sur des plantes différentes), l'auto-incompatibilité et la compétition pollinique en faveur du pollen exotique, soutiennent cela et nécessitent l'intervention des insectes.



② Allogamie

2.1. Existence de barrières et fleurs hermaphrodites « Distyle » :

Les fleurs **PIN** (grand style) et **THRUM** (petit style) sont deux types. une plante avec une seule fleur. Les allo - hybrides sont populaires car seule la pollinisation entre fleurs de formes différentes est efficace.

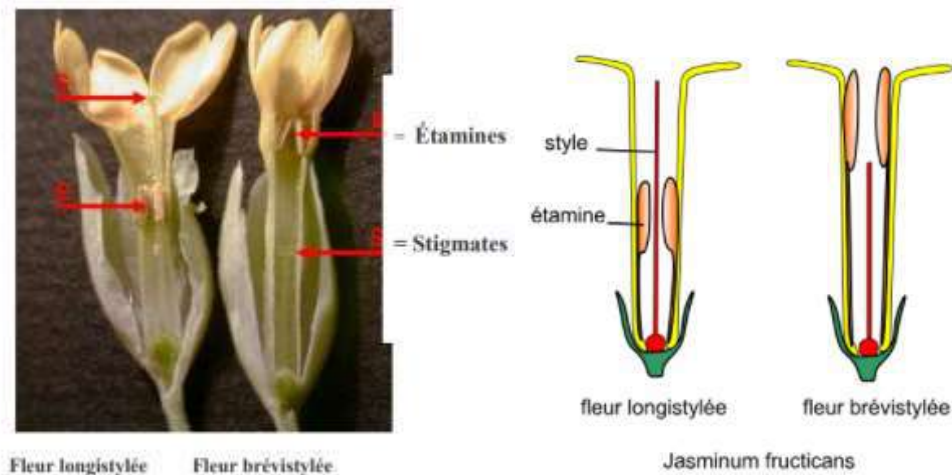


Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

À l'intérieur du tube de la corolle, deux étamines sont fixées. Les morphes floraux sont les suivants :

- Les fleurs **brévistylées** ont un style court et long.
- Fleurs avec un style long et des étamines courtes « **longistylées** ». Les étamines des premières sont légèrement saillies hors du tube tandis que les styles des secondes font saillie.

La dispersion du pollen est cruciale en raison de **l'hétérostylie** qui nécessite une fécondation croisée.



La pollinisation croisée, assurée en empêchant l'autopollinisation, grâce à des troubles autostériles d'origine génétique, parfois par des dispositifs spéciaux (comme l'hétérogamie) sont renforcées. Ainsi, chez les primevères, il y a des fleurs à styles courts et à étamines hautes dans la corolle, et il y a aussi des fleurs à styles longs et à étamines enfoncées, qui ont un effet inhibiteur sur les insectes butineurs ; les fleurs ne se chevauchent pas ; enfin, l'inhibition physiologique empêche l'auto-pollinisation.

L'allogénicité garantit un certain mélange de gènes à chaque génération, de sorte que la génétique de la population dans laquelle elle est présentée est marquée.

- **La tristylie comprend trois variétés de fleurs distinctes, chacune présente une plante distincte :** Etamines courtes et longues, moyennes et longues, et courtes et moyennes.

Certains types de légumineuses ont une colonne staminale composée de filets soudés qui protègent le stigmate. La fécondation croisée est assurée car l'ouverture de cette colonne par le poids des insectes (abeilles) ; met les stigmates en contact avec le pollen attaché au corps des insectes. Un exemple est la luzerne où un insecte intervient pour transporter le pollen et ouvrir la fleur.

Pollinisation et fécondation Dissémination des fruits et des graines

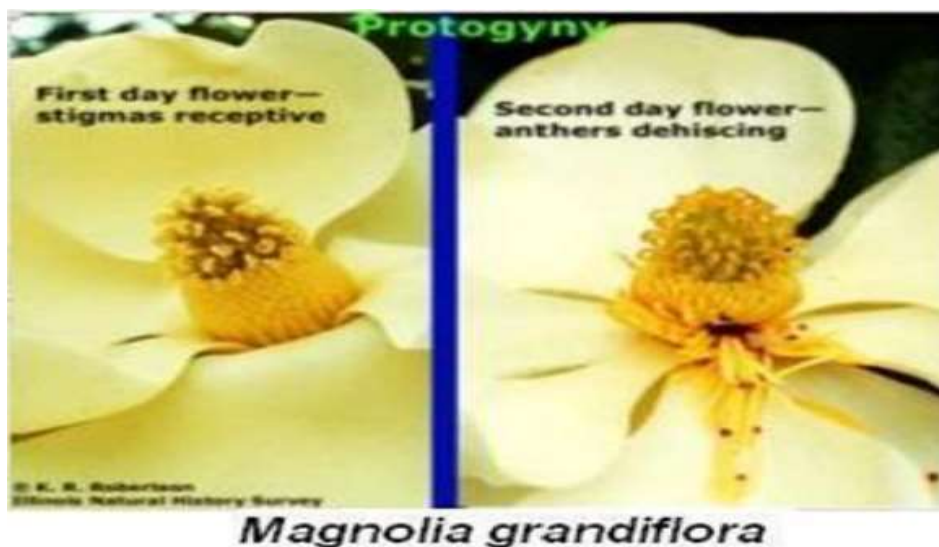
D'autres stratagèmes empêchent l'autofécondation bien que les organes mâles et femelles soient sur la même fleur :

- **Dichogamie** : Les organes sexuels sont plus jeunes. Cela peut être observé par exemple chez l'avocat. Si la floraison du mâle commence avant la floraison de la femelle (*Geranium*), On parle de protandrie, tandis que la protogynie (les *Magnolias*) se produit lorsque la floraison femelle suit celle du mâle.
- **La position relative des étamines** qui le reçoivent rend presque impossible le dépôt du pollen sur les stigmates d'une même fleur.
- **Auto-incompatibilité** : le pollen ne peut pas polliniser la plante dont il est issu en raison d'une inhibition biochimique.

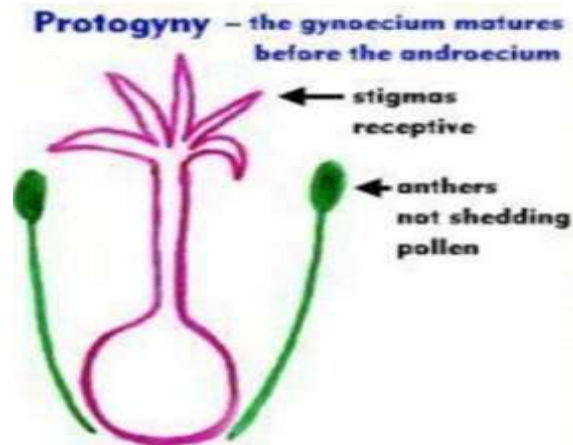
Au fil des millénaires, les variantes successives ont été créées grâce à cette fécondation croisée, ce qui a permis d'établir la diversité botanique actuelle, en particulier chez les Angiospermes (les plantes à fleurs vraies).

2.2 Les fleurs hermaphrodites et la division des sexes au fil du temps:

- La **dichogamie** se produit lorsque les organes sexuels d'une fleur ne sont pas tous à maturité à la fois.
- - La **protogynie** (comme l'avocatier) se produit avant que les grains de pollen ne soient libérés, lorsque la partie femelle de la fleur est prête.
- La **protandrie** (comme la carotte) se produit lorsque le segment mâle de la fleur est plus mature que le segment femelle.

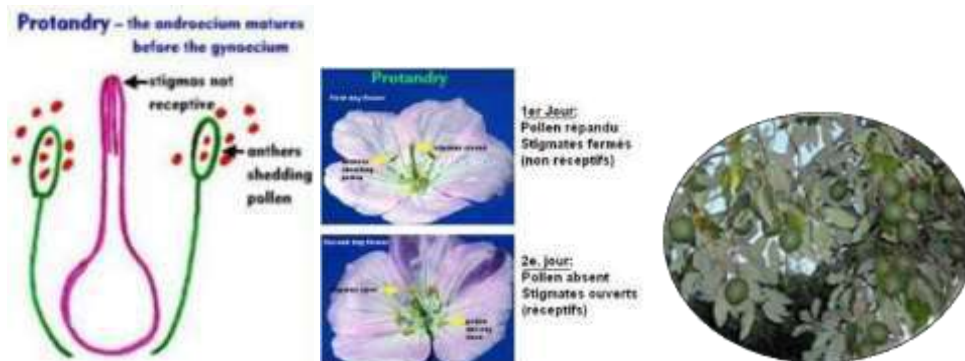


Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines



Autre exemple: Avocatier

- **O Protandrie** : Les organes mâles anthères relâchent le pollen avant que les stigmates ne soient réceptifs grâce à une séparation temporelle de la maturité des organes sexuels mâles et femelles. La fécondation croisée est assurée par ce mécanisme.



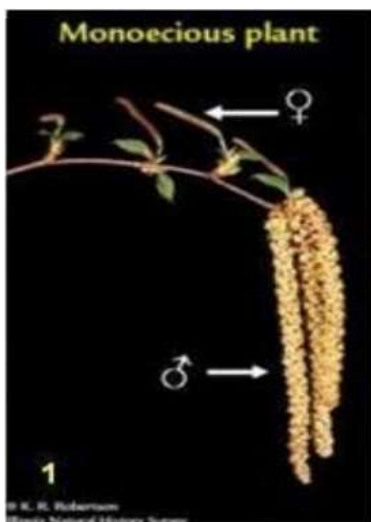
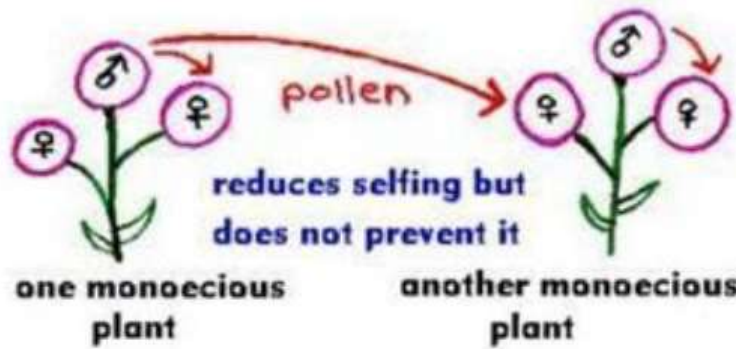
Persea americana

2.3. Monoécie.

Les inflorescences mâles et femelles des plantes monoïques (monoécie) sont distinctes, mais elles se trouvent dans des endroits différents sur la même plante (plante bisexuée). Dans ce régime, on évoque l'allogamie.

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

Plants Monoecious (Monoecy)

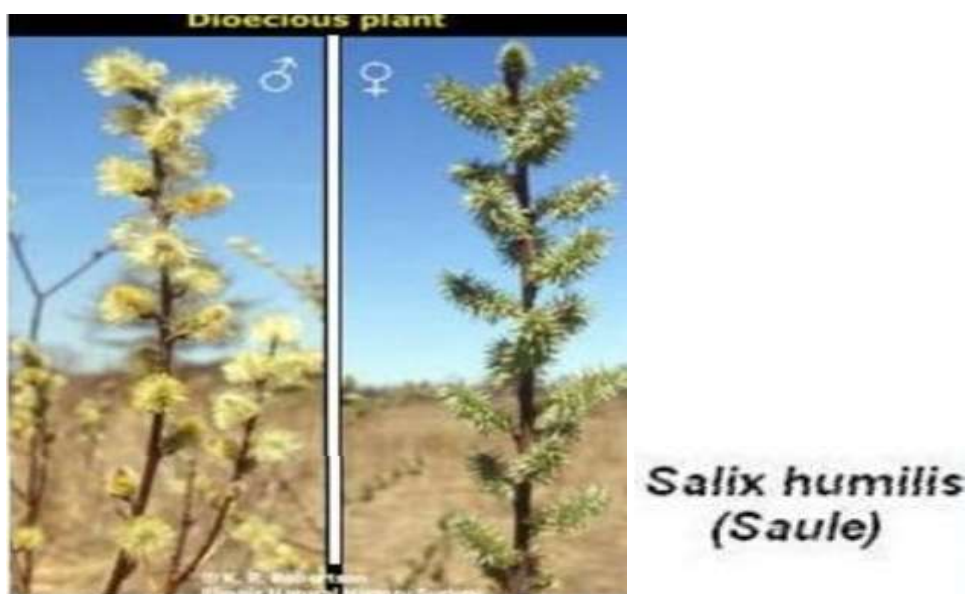


1 Charme
2 Liquidambar

- ✓ Il est fréquent chez les plantes qui sont anémophiles, ainsi que les plantes fabacées (chêne, châtaignier,...) et bétulacées (charme). Il est largement présent dans les zones tempérées.
- ✓ Un exemple est le concombre, où les fleurs mâles et femelles changent de maturité au fil du temps.
- ✓ Exemples supplémentaires : le melon, le noyer, le maïs, la carotte, la betterave, le framboisier, le cèdre, le châtaignier, l'hévéa, le manioc, le noyé, l'olivier, le pin, le ricin et le sapin.

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

2.4. Dioécie :



▪ Exemples: Asperge, chanvre, houblon, palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), peuplier, bananier, épinard, figuier, papayer,...

Mécanismes de l'autogamie

Chez les plantes à fleurs, l'autogamie et l'autopollinisation sont synonymes car les fleurs sont hermaphrodites, ce qui signifie que la même fleur contient les organes mâles et femelles. Le blé par exemple.

Ces mécanismes impliqués sont généralement classés par ordre morphologique :

- la proximité des deux organes reproducteurs ou les stigmates (organes femelles) en contact direct avec les étamines (organes mâles),

Pollinisation et fécondation Dissémination des fruits et des graines

- la fleur ne s'ouvre pas ou peu pour se protéger de pollen extérieur. Avoine, orge, riz, sorgho, colza, coton, haricot, lin, pois, piment, soja, tabac, tomate sont quelques exemples de plantes autogames dominantes.

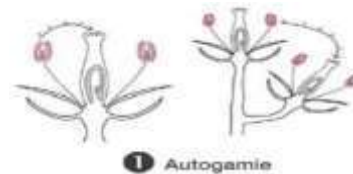
Les plantes autogames ne dispersent pas beaucoup de pollen. Même avant l'ouverture de la fleur, la fécondation peut se produire. Les plantes sont appelées cléistogames, qui signifie pollinisation automatique (du grec kleistós, fermé, et gámos, mariage). Cependant, étant donné la rareté de l'autogamie stricte, allogamie peut se manifester (environ 5 % chez le blé).



La structure de la fleur garantit le niveau anatomique en favorisant l'autofécondation et en empêchant l'hybridation. Génétiquement, l'autogamie produit une progéniture identique aux parents.

Parallèlement, 5 conditions biologiques doivent être remplies simultanément :

- 1) Fleurs, étamines et nid hermaphrodites,
- 2) contact ou proximité des stigmates d'anthères,
- 3) synchronie des fleurs,
- 4) Incompatibilité et stérilité mâle,
- 5) fleurs fermées ou au moins stigmates protégés au moment de leur acceptation



Conséquences sur l'évolution des plantes

En effet, les effets sont divers et complexes. L'acquisition d'une meilleure compréhension des effets de l'autofécondation est importante. Cela a un impact sur la variabilité génétique d'un groupe de personnes et l'interaction entre la sélection et la dérive ou la migration génétique.

De plus, il y a une forte tendance à modifier l'évolution des populations en affectant les paramètres démographiques individuels. La probabilité d'adaptation aux changements environnementaux dépend de la concurrence entre le processus d'adaptation et le déclin de la population.

Pollinisation et fécondation
Dissémination des fruits et des graines

- Applications en sélection et amélioration des plantes

Deux découvertes majeures ont marqué le début de la sélection végétale : l'existence du sexe des plantes, qui permettait de contrôler les croisements, et les lois de la génétique, qui permettaient de comprendre l'hérédité, de choisir les parents à croiser. Ces découvertes, comme d'habitude avec leurs passages controversés et sceptiques, se sont déroulées durant le 18^{ème} siècle jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle. Au départ, ces croisements étaient réalisés principalement par des amateurs de plantes ornementales et fruitières. Mais ce n'est qu'au milieu des années 1800 que les premières sociétés semencières dotées de véritables programmes de sélection sont apparues.

Grâce à la sélection phénotypique de certains caractères souhaitables, il contribue de manière significative à la production végétale régulière, à l'utilisation des nutriments et au contrôle des agents pathogènes.

Shell a inventé le terme « hétérosis ». À ce jour, l'effet de l'hétérosis sur hybrides F1 a été développé pour la plupart des cultures. De plus, les cultures produites par pollinisation libre, notamment le seigle, ont généralement un effet hétérosis plus élevé. Cette caractéristique est peut-être due à l'énorme variabilité génétique des cultures à pollinisation libre...

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

II. Multiplication végétative

La reproduction végétative se produit par mitose et donne naissance à une progéniture génétiquement identique à celle de la mère. La reproduction d'un seul parent est appelée reproduction asexuée, ce qui donne une progéniture composée d'individus identiques les uns aux autres et identiques aux parents. Les clones sont souvent appelés les populations qui en résultent. Des plantes bien adaptées dans des environnements stables peuvent rapidement occuper l'espace disponible et obtenir un avantage en concurrence avec d'autres plantes grâce à la reproduction végétative.

▪ Bouturage

La multiplication végétative des plantes par bouturage est la méthode la plus couramment utilisée des morceaux de feuilles, de tiges ou de racines. Lorsqu'une bouture est plantée dans un endroit propice, Elle peut produire une nouvelle plante en développant des racines ou des organes aériens. Cette plante qui est multipliée par voie végétative est un clone génétiquement identique de la plante mère.

Les propriétés uniques de la plante permettent l'existence de boutures. Certaines cellules ont la capacité de se différencier pour produire des cellules de méristème. Ensuite, ces cellules se multiplient pour créer un nouveau méristème qui peut être utilisé pour reconstruire l'organe manquant. Les boutures peuvent être fabriquées à partir de racines, de tubercules, de tiges et même de fragments de feuilles.

▪ Principes de bases de la multiplication par bouturage

Seuls les plants jeunes, sains, réguliers et en croissance active doivent être bouturés.

Les plants mère doivent être en croissance végétative plutôt qu'en fleur.

La capacité de rhizogénèse des boutures augmente à mesure que le plant est plus jeune. Les plants mère sont généralement de jeunes plants en production.

Si de gros plants mère sont utilisés, tailler les tiges plusieurs semaines avant la prise de boutures afin d'obtenir une récolte de tiges uniformes (même âge, même longueur), jeunes et vigoureuses. Utilisez des outils tranchants et propres (désinfectez-les fréquemment ou changez les lames). Les boutures doivent être courtes et ne contenir qu'une ou quelques feuilles matures.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

Le feuillage des boutures ne doit pas flétrir de la récolte à l'enracinement.

Ne pas enfoncer les boutures profondément dans le substrat. Plus elles sont profondément piquées, plus il est nécessaire de stimuler la formation du calus (cal) dans une zone peu aérée, souvent saturée en eau. La formation de cal nécessite une quantité importante d'oxygène. Le point de coupe de la bouture doit être sous la surface du substrat, à 1 ou 2 cm de profondeur.

Le matin tôt et les jours nuageux sont les meilleurs moments pour la récolte de boutures. À ces moments, les tissus sont à leur point culminant de turgescence.

Les différentes techniques de bouturage : Il existe différentes méthodes de bouturage qui doivent être adaptées au type de végétal. Le choix de la technique de bouturage appropriée garantit le succès.

- La plupart des plantes d'intérieur et certaines plantes d'extérieur à tiges souples peuvent être bouturées dans l'eau.
- Le bouturage de tête est une technique traditionnelle de bouturage qui fonctionne bien pour les plantes dont les tiges sont recouvertes d'eau.
- Le bouturage à talon ou à crossette est utilisé pour la culture d'arbustes, d'arbres fruitiers et ornementaux ainsi que de conifères.
- Il est vrai que l'enracinement est plus simple lors du bouturage de racines, mais cela ne concerne que quelques végétaux, principalement des vivaces.
- Le bourgeonnement des feuilles concerne les plantes ayant des feuilles contenant de l'eau, telles que les succulentes et principalement les plantes d'intérieur.
- Le bouturage en plançon est une technique adaptée aux arbres de taille importante.
- Le bouturage à bois sec est effectué pendant l'hiver et est principalement destiné aux arbres et arbustes à feuillage caduc.
- Le bouturage à l'étouffée est une technique qui aide à accélérer l'enracinement et la reprise des boutures, bien qu'elle ne soit pas une technique en soi. Elle peut être utilisée pour de nombreux bouturages différents.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles



Prélèvement des boutures => repiquage des boutures dans un lit => repiquage dans des pots.

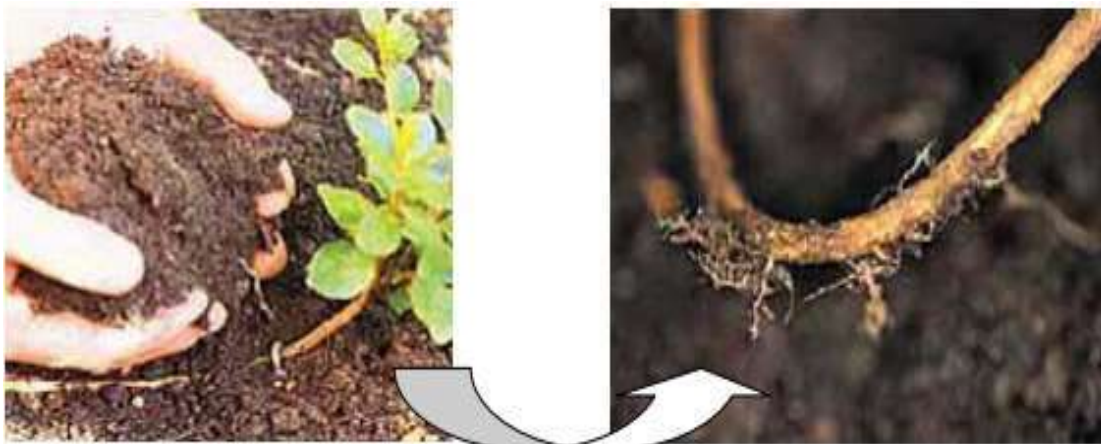
Photo 11 : Bouturage du fuchsia (rustica.fr)



Photo 12 : Bouture en crossette

▪ Le marcottage

Toutes les techniques de multiplication où la tige reste attachée à la plante-mère sont appelées marcottage. Ce n'est qu'après la formation des racines que la marcotte est retirée et placée dans le sol. marcottage par buttage et par couchage. La multiplication des arbres fruitiers tropicaux est grandement influencée par le marcottage aérien.



Une tige qui ne s'est pas détachée de sa plante mère reste dans le sol.

Développement des racines au niveau de la tige marcottée

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

2- Les avantages et les inconvénients du marcottage sont les suivants :

a. Les Avantages

- C'est un moyen simple de multiplier les arbustes à tiges souples et les plantes grimpantes.
- Cette méthode peut être utilisée pour obtenir une copie précise du génotype. sans coût élevé, car les plantes obtenues sont similaires aux plantes mères qui produisent rapidement des fruits.

- Amélioration des caractéristiques physiques du sol,
- Le sol a une protection contre l'eau et le vent,
- La plante mère développe plusieurs couches.

Afin d'empêcher la croissance des boutures, une partie de la tige est dissimulée dans le sol sans être coupée.

La plante mère continue de nourrir cette couche, c'est-à-dire la partie enfouie dans le sol, pendant la phase de libération des racines.

b. Les inconvénients

- Le plant marcotté sera peu résistant au vent car il aura un système racinaire superficiel.
- Le plant marcotté ne sera pas immunisé contre les maladies. La maladie des agrumes en particulier.
- La multiplication végétative peut propager les maladies.

3. Les différentes catégories de marcottage

Il existe deux types de marcottage : naturel et artificiel. (Conçu par des humains)

a – Naturel : a tendance à se produire naturellement, plus ou moins en fonction de l'espèce. C'est ce qui se produit lorsque la branche touche le sol et commence à développer de nouvelles racines. Cette partie de la branche évolue vers une autre plante après la rupture de la connexion avec la plante mère. Les stolons, tiges spécialisées, peuvent se reproduire naturellement à une vitesse très rapide.

Ces tiges sortent du sol et entrent en contact avec un sol humide pendant une période prolongée, où les racines se développent pour former de nouvelles plantes. Une fois les plantes profondément enracinées, les stolons pourriront et de nouvelles plantes pousseront d'elles-mêmes. Le chevrefeuille, la ronce, le chiendent et l'alfa présentent également une stratification.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

Certaines espèces de conifères subissent également une stratification naturelle, En d'autres termes, les branches inférieures en contact avec le sol s'enracinent naturellement. Par exemple, les cyprès entourent les arbres plus âgés d'une canopée pour les jeunes arbres ; Le tilleul peut avoir le même phénomène.

b – Artificiel

Le marcottage est le processus consistant à forcer une partie aérienne d'une plante à entrer en contact avec un substrat humide jusqu'à ce qu'il y ait des racines dans l'horticulture. La plante mère est alors séparée de la marcotte, ce qui signifie qu'elle perd ses nouvelles racines dans la partie aérienne. Le marcottage par couchage, le marcottage par buttage et le marcottage aérien sont des méthodes de marcottage différentes.

◆ Par couchage

Le marcottage par couchage, également connu sous le nom de "marcottage en archet", est une technique de jardinage qui est destinée aux plantes dont les rameaux sont souples et faciles à courber.

Il s'agit d'un tronc courbé enterré dans un trou. La courbure rend la circulation de la sève plus difficile et favorise l'émission de racines. Un archet maintient la partie du tronc dans la fosse, c'est pourquoi on parle de « marcottage en archet ». Un tuteur maintient également l'extrémité apicale au-dessus du sol. Une partie du rameau donne des racines après un certain temps, puis elle est coupée pour donner naissance à une nouvelle plante, ce qui est appelé sevrage.

En fonction de leur morphologie, il existe deux variantes de marcottage par couchage adaptées à certains végétaux:

1. Par couchage simple

Cette méthode ne peut être utilisée que sur des plantes avec des branches souples ou des espèces qui émettent des rejets ou des branches depuis la base.

Il consiste à choisir des rameaux d'un a pour la conformité, la taille et la force. Après cela, ils sont inclinés vers le fond d'une tranchée ronde qui est ouverte autour du pied mère et an une profondeur d'environ vingt centimètres.

Les branches sont parfois maintenues à l'aide de crochets métalliques, tandis qu'elles sont redressées verticalement par un piquet ou un tuteur. Afin de remplir complètement la tranchée tout en maintenant une température suffisante, de la terre fine contenant beaucoup d'humus est ajoutée.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

Des radicelles se forment sur les rameaux tout au long de la saison de végétation. La plante récemment créée est sevrée (devenue autonome) trois mois après la formation des racines.

Afin d'obtenir des plants en motte, il est possible de les coucher dans des conteneurs tels que des paniers ou des couffins pour les espèces qui ont du mal à se reproduire.

Le début de l'été (juin) et le début de l'automne (septembre) sont les périodes idéales pour utiliser cette technique, car elles conviennent également aux plantes à bois qui ne sont pas trop dures.

2. Par couchage multiple

Les plantes qui ont une forte végétation et des rameaux souples et longs, comme le chevrefeuille, ne sont pas adaptées au marcottage par multiples couchages. Il consiste à disposer ces branches sur le sol. Leur bourgeon peut commencer grâce à la sortie de plusieurs rameaux du sol sur leur longueur afin d'obtenir plusieurs marcottes par rameau couché.

Leur bourgeon peut commencer car les rameaux sont retirés du sol plusieurs fois pour obtenir plusieurs marcottes par rameau couché.

En moyenne, Ces marcottes sont plus faibles que les marcottes provenant du marcottage par couchage simple. Le marcottage par couchage simple ne diffère de cette technique que par le fait que les rameaux sont courbés à plusieurs reprises sur le sol, avec une distance d'environ soixantaine de centimètres entre chaque courbure.

En général, Au début du printemps, le marcottage par couchage se produit, et les marcottes sont retirées pour être repiquées sur place à l'automne suivant.

Le marcottage par couchage multiple existe en plusieurs variantes :

1. Le marcottage en forme de serpenteau

La glycine et d'autres plantes grimpantes ou rampantes, sont adaptées au marcottage « en serpenteau ». Le processus est identique à celui du simple couchage, mais pour obtenir rapidement plusieurs marcottes, les rameaux sont courbés à plusieurs endroits.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

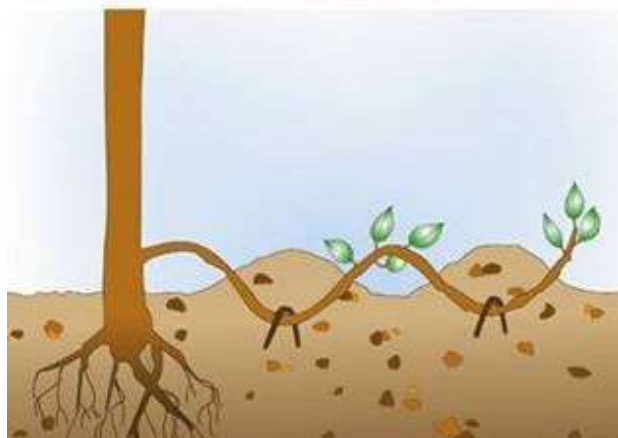


Photo 13 : Marcottage « en serpenteau »

2. Le marcottage « à plat »,

Certains types de plantes grimpantes ou sarmenteuses, comme la vigne, le lierre et le chèvrefeuille, peuvent subir le marcottage à plat, chinois ou à long bois. La technique nécessite l'enterrement complet et horizontal d'un rameau effeuillé de grande longueur dans une tranchée de 10 à 15 cm sur toute sa longueur.

Sur 20 cm de hauteur, la pointe du rameau est fixée à un tuteur en position verticale. Au bout de quelques mois, de jeunes pousses apparaissent à partir de chaque bourgeon à l'endroit où le rameau est enterré. Les marcottes sont individuellement séparées et placées dans un sol propre et frais. Cette méthode est utilisée en pleine terre ou en jardinière au printemps, au début de l'été.

3. Le marcottage des extrémités

Les extrémités des plantes souples avec une forte capacité à produire des rejets, comme la ronce ou le framboisier, ne peuvent pas être marquées. La méthode consiste à enterrer la pointe d'une tige avec un tuteur.

4. Le marcottage par buttage ou en cépée

La méthode comprend permet de cultiver de nombreux nouveaux plants à partir du pied mère. Son objectif est de produire des marcottes à partir de la base d'un arbuste. Certaines espèces ornementales sont multipliées grâce au marcottage en cépée comme les buissons, les arbustes et les arbres qui ont tendance à repartir du pied comme les bruyères, les groseilliers et d'autres plantes à tiges courtes, également les plantes comme les figuiers, les noisetiers, les cognassiers, les pruniers et les pommiers.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

Ensuite, l'écorce de la racine choisie sur une longueur de 10 cm est extraite à l'aide d'un couteau tranchant. Un pot est mis sous la racine et du terrain noir est versé sur le terrain dénudé. Le pot est solidement fixé à l'aide d'une ficelle ou d'une corde. La marcotte est identifiable grâce à l'installation d'un piquet à proximité. Lorsque les racines se sont bien développées, la marcotte est retirée de la plante-mère après quelques mois. La racine est coupée de chaque côté de la marcotte est introduite dans un récipient préalablement rempli de substrat.

Lors de la récolte des marcottes enracinées, les plantes-mères soumises à ce processus sont maintenues en touffes basses et ramifiées près du sol par des recépages successifs. La plante-mère est buttée et recepage le en hiver. Selon les variétés, la période d'enracinement varie de deux ans. Au cours de l'hiver, les marcottes sont débutées (ôtés de la terre) et séchés, permettant ainsi de repiquer les plantes obtenues.

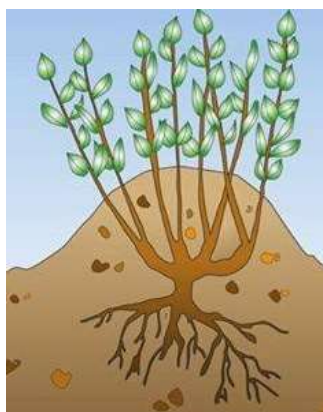


Photo 14 : Marcottage par buttage ou en cépée

5. Marcottage annulaire ou aérien

La formation de racines sur une des branches (rameaux) de la plante mère est stimulée par le marcottage aérien. C'est une méthode de multiplication végétative couramment utilisée sur des arbres ou des arbustes âgés, des plantes dont le bouturage est délicat ou dont les branches ne peuvent pas être abaissées jusqu'au sol pour un marcottage classique.

Il consiste à réaliser deux incisions horizontales à deux centimètres d'intervalle dans l'écorce et l'écorce intérieure (ou cambium) d'un rameau adulte âgé d'un ou deux ans, en prenant soin de retirer les feuilles du lieu choisi pour l'enracinement. Il est essentiel de gratter correctement le cambium après avoir retiré l'anneau, car les cellules ne pourront pas reconstituer le liber s'il reste du cambium, ce qui conduira à l'échec de l'opération.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

La zone incisée est recouverte de terre végétale humide appropriée et de tourbe. Un film plastique entoure tout pour condenser l'eau qui s'évapore et remplir la marcotte d'eau. Afin d'éviter toute ouverture d'air, Le raphia est utilisé pour liguer les deux extrémités du film.

L'humidité du substrat utilisé doit également être régulièrement surveillée. De préférence, l'opération doit être effectuée au printemps lorsque les plantes sont en abondance de sève. qui rend le décolllement de l'écorce plus facile .Les racines peuvent émerger entre quelques mois à une année, selon l'espèce. Les marcottes seront sevrées et repiquées sur le lieu de plantation après leur enracinement.



Photo 15: Marcotte aérienne

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

■ Le greffage

Le greffage est l'assemblage d'un morceau de plante (appelé greffe ou objet) à une autre plante (appelée greffon ou sujet) dans le but de créer une seule plante qui combine les caractéristiques des deux plantes.

Le but du greffage est de diffuser rapidement les différentes caractéristiques de la variété d'où le greffe est extrait tout en maintenant les avantages de la variété vis-à-vis du sol par le sujet ou le porte-greffe.

➤ La porte de greffe

Le greffon est une partie de la tige ou de l'œil d'un arbre. Le greffon et le porte-greffe doivent être compatibles, ce qui est plus souvent le cas lorsque les deux font partie de la même famille botanique. Il existe différentes techniques de greffage, avec les plus utilisées étant :

- Transplanter un écusson, comme pour les pêchers et les abricots.
- Les arbres comme le pommier et le poirier peuvent recevoir une greffe en fente



Photo 16 : Schéma montrant le greffage en fente

La greffe **en fente** est distincte. (Photo 16).

La greffe en fente est l'une des méthodes de greffe les plus simples. Les greffons utilisés sont ceux qui ont un diamètre inférieur à 1 à 3 cm, ainsi que ceux prélevés en hiver et conservés au frais jusqu'au jour de la greffe.

* La greffe anglaise

Le greffon est sectionné en forme de triangle. Il est procédé à la création d'une coupe rectangulaire d'une longueur d'une distance de 3 centimètres au dos d'un œil du greffon. La coupe est réussie si elle forme un ovale régulier, allongé de deux côtés et sans vague. L'œil sera en face du haut de la coupe au dos, car la ligature est difficile avec un œil trop bas, tandis que l'œil trop éloigné du biseau ne servira plus de source de sève.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

La coupe en forme de biseau du porte-greffe est le moment le plus difficile, car le greffeur n'a plus la possibilité de faire une erreur. Avant de commencer la coupe, le sujet doit être coupé avec un sécateur un peu au-dessus du point choisi. Le greffoir sera ensuite tiré vers soi de bas en haut.

- ✓ Pour une greffe en anglais ou en fente, le diamètre du greffon doit être identique à celui de la porte. Cela concerne également la vigne.

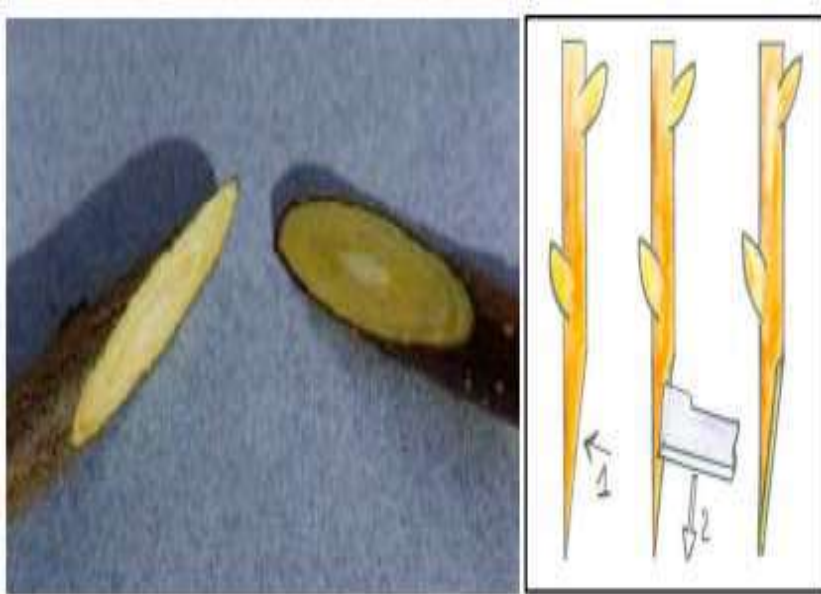


Figure 17: Greffe en biseau

*la greffe en couronne (figure.17)

Cette technique est préférée aux gros arbres, mais elle se fait plus tard que la greffe en fente. En hiver, les greffons doivent être coupés et conservés au frais, dès le début mouvement bien prononcé de la sève. Les greffons sont insérés entre l'écorce et l'aubier du sujet à l'aide de la spatule de greffe, en coupant le tronc de l'arbre comme pour une greffe en fente. Les greffes sont placées



Figure N°17: Greffe en couronne

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

*La greffe en écusson

Une technique de multiplication appelée greffage en écusson implique l'insertion d'un morceau d'écorce encore vert avec un œil dans une plaie en forme de "T" incisée l'écorce d'un porte-greffe. Le lambeau qui a été prélevé a une forme similaire à un écusson, d'où son nom. Elle est souvent utilisée pour multiplier les arbres fruitiers et ornementaux difficiles à obtenir par semis. De plus, cela permet d'adapter certaines sensibilités de la plante sur laquelle est prélevé le greffon. En étant greffée, elle deviendra plus résistante aux changements climatiques, avec un sol inadéquat et est atteinte de certaines maladies, il sera souvent plus productif.



Figure N°18 : La greffe en écusson

▪ Stolonage

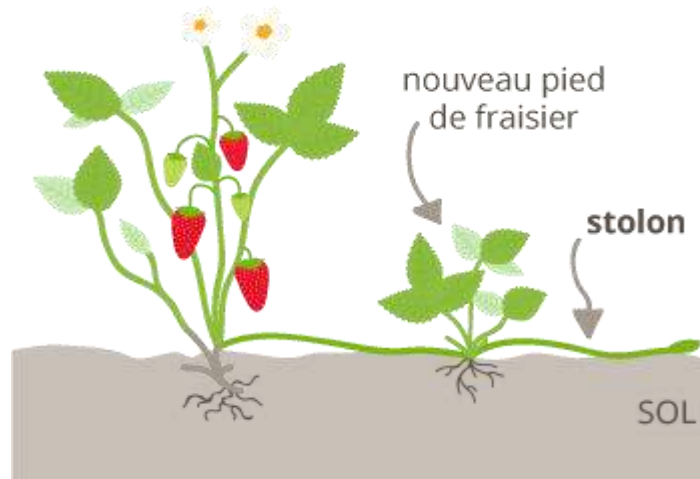
La reproduction par stolons est un mode de multiplication naturel. Les stolons sont les clones plus jeunes de la plante mère. Avant la formation des racines, La plante mère les relie par leurs longues et fines tiges.

Le stolon est un arbuste à croissance horizontale (au sol) avec des feuilles réduites en écailles. Le bourgeon terminal du stolon s'enracine et forme une marcotte. Les marcottes restent attachées au stolon, au moins temporairement, jusqu'à ce que le stolon pourrie et que chaque marcotte enracinée devienne autonome.

Multiplication végétative

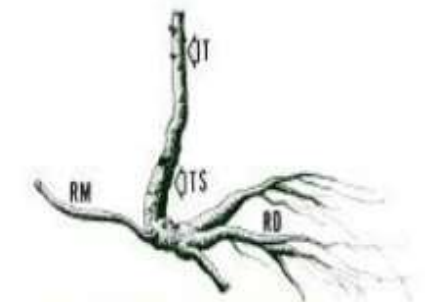
Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

Il existe deux types de stolonnage : Il peut être **souterrain** (comme la Poaceae) ou **aérien** (à la surface du sol) (comme le fraisier, la fougère, le chlorophytum).



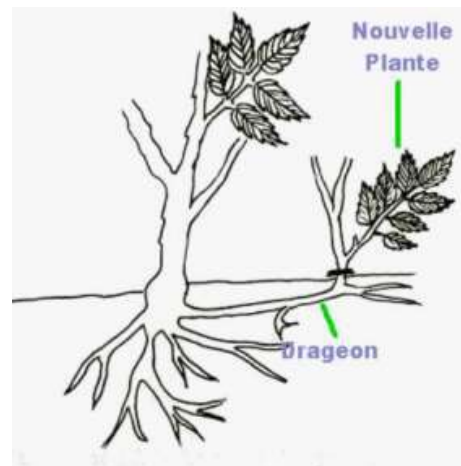
▪ Drageonnage

C'est une tige à feuillage qui se développe à partir d'un bourgeon adventif racinaire et garantis la multiplication végétative



Le système souterrain d'un drageon (x 0.25)

RD : Racines de drageons
RM : Racine-mère du drageon
T : Tige aérienne
TS : Tige souterraine



Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles



Photo 19 : Epaissement de la racine sous un drageon

▪ Les tubercules

Il s'agit d'un renflement des axes végétaux, en particulier ceux situés sous terre (racines, rhizomes). Grâce à leur passage à mode de vie ralenti pendant la mauvaise saison et à leur réserve. La pérennité et la multiplication de nombreuses espèces sont assurées par les tubercules.



Photo 20 développement de plans de pomme de terre à partir de tubercule

▪ Les bulbes et bulbilles

De nombreuses plantes à bulbe produisent des caïeux, qui sont de petits bulbes ou bulbilles. Ils sont fixés au bulbe ou cornus mère, puis retirés à la main pour la reproduction. Une fois plantés, ils se développeront, grossiront et fleuriront après quelques années.

Multiplication végétative

Bouturage, marcottage, Drageonnage, Stolons, Tubercules, Bulbes et bulbilles

La plupart des bulbes, tels que les narcisses et les tulipes, produisent des caïeux accolés à leur bulbe.

Muscari armeniacum
(bulbe souterrain)



Bulbilles souterrain de
Muscari armeniacum

Muscari comosa)



Bulbilles remplaçant l'inflorescence chez *Allium cepa* var. *proliferum*,

Multiplication végétative Apomixie, Agamospermie, Polyembryonie

a. Apomixie

La pomixie est une forme de reproduction asexuée qui utilise la graine pour la multiplication de l'espèce sans union entre les gamètes mâles et femelles. La méiose, qui est nécessaire à la reproduction sexuée, est soit supprimée soit contournée pendant le processus de formation des graines afin que l'embryon soit génétiquement identique à la plante mère.

Certaines plantes sont apomictiques obligatoires, c'est-à-dire qu'elles contiennent des embryons apomictiques dans leurs graines, tandis que d'autres sont apomictiques facultatives, c'est-à-dire qu'elles contiennent des embryons apomictiques dans leurs graines, c'est-à-dire qu'elles sont capables de former des embryons apomictiques et sexués dans leurs graines. L'apomixie peut prendre plusieurs formes.

A. Aposporie : Une cellule somatique (diploïde) de l'ovule qui n'a pas été réduite, étape de base pour le développement de l'albumen et de l'embryon. La constitution génétique des graines développées par aposporie est identique à celle de la plante mère. *Ranunculus auricomus*,



Blette: *Beta vulgaris* var. *cicla*



Betrave rouge: *Beta vulgaris* var. *conditiva*



Betrave sucrière: *Beta vulgaris* var. *altissima*

Photo21 : Aposporie chez le genre Beta

B. Diplosporie : L'embryon provient d'une mégaspore, tout comme chez *Taraxacum officinale*. Bien que la cellule-mère du sac embryonnaire présente des différences similaires à celles observées dans la reproduction sexuée, son noyau ne subit pas de méiose.

Multiplication végétative
Apomixie, Agamospermie, Polyembryonie



Ail: *Allium sativum*



Oignon: *Allium cepa*



Poireau: *Allium ampeloprasum*

Photo22 : Diplosporée chez le genre Allium

C. Embryonnie adventive : L'embryon se développe par division mitotique du noyau de la cellule de l'ovule, des téguments ou de la paroi de l'ovule.



Photo 23 :Embryonnie adventive

L'apomixie existe à la fois dans les environnements naturels et dans les plantes cultivées (telles que le pâturin, les oranges et les plantes tropicales). Parce qu'elle combine les avantages de la multiplication par graines - santé et maintien de la qualité, elle a attiré l'attention des sélectionneurs ; avec des individus dont le génotype maternel est identique.

La multiplication apomictique est considérée comme un moyen prometteur de conserver des variétés et de fixer l'impact de l'hétérosis des hybrides.

Cette méthode est encore très peu utilisée en sélection végétale, mais elle devrait être disponible dans un proche avenir pour un grand nombre d'espèces cultivées grâce au génie génétique.

Multiplication végétative
Apomixie, Agamospermie, Polyembryonie



Apomixie chez *Kalanchoe laxiflora*

b. Agamospermie

Chez les plantes à fleurs, l'agamospermie est l'un des aspects de l'apomixie, qui consiste à former des rhizomes, des stolons, des bulbes, des bulbilles et d'autres « propagules ». de la différencier de la reproduction végétative. La reproduction par graines est un signe de l'agamospermie, bien que la séminogénèse ne soit pas requise par la fécondation, ce qui donne lieu à des « disseminules »

Il existe différentes variétés d'agamospermie, chacune présentant une apparence un peu différente des autres.

Agamospermie du genre *Antennaria Gaertn* renferme de nombreux exemples

Les phases sporophytique et gamétophytique se succèdent alternativement dans les plantes à fleurs, bien que le gamétophyte reste extrêmement petit. Mais chez certaines plantes agamospermes, lorsque les embryons sont directement créés à partir des cellules propres du sporophyte maternel, cette alternance n'existe pas. L'embryogénie adventive est une étape intermédiaire entre l'apomixie gamétophytique et la reproduction végétative, impliquant deux phénomènes distincts qui se complètent : la séminogénèse et le développement d'un gamétophyte femelle non réduit. L'agamospermie est assurée par la combinaison complète de ces deux mécanismes.

Multiplication végétative
Apomixie, Agamospermie, Polyembryonie

 **Polyembryonie**

La polyembryonie s'effectue par une graine qui présente deux ou plusieurs embryons qui peuvent se développer en embryons complets ou même en jeunes plantules lors de la germination.

Nous remarquons :

- La polyembryonie intrasaccale consiste à développer des embryons dans un seul ovule au lieu des cellules présentes dans un ou plusieurs sacs embryonnaires.
- La polyembryonie unisaccale consiste à développer des cellules embryonnaires au lieu de celle d'une seule cellule embryonnaire.
- La polyembryonie plirisaccale consiste en la croissance d'embryons situés dans un seul lot de cellules de plusieurs sacs embryonnaires.

Multiplication végétative
Intérêt pour l'agronomie et les plantes ornementales,
Intérêt pour l'expérimentation scientifique

Multiplication végétative en effet, une technique très prometteuse

- ❖ L'amélioration de la productivité des espèces, l'amélioration génétique des espèces et, en particulier, la multiplication végétative de variétés améliorées, est actuellement l'une des méthodes les plus explorées.
- ❖ Valorisation et de conservation des ressources génétiques. Elles représentent sans conteste un levier aux besoins croissants de la consommation aux importations.
- ❖ La reproduction asexuée: moyen efficace pour coloniser rapidement des milieux favorables. Cela permet à un individu d'avoir plusieurs générations. Les descendants de cette plante mère sont tous identiques à la plante mère et forment un clone.
La reproduction asexuée garantit les mêmes traits de la progéniture et augmente le rendement des plantes sélectionnées.
- ❖ La culture en éprouvette, permet de sauver certaines espèces: (comparer à la variété de pommes de terre nommé Belle de Fontenay). En effet, en utilisant la culture in vitro, les nouvelles plantes obtenues sont saines même si la plante mère est malade.
- ❖ Maintenir la diversification des écosystèmes.

L'exploitation de ces divers phénomènes de reproduction végétative ouvre la porte à l'amélioration par la sélection.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Agarwal P, Kapoor S, Tyagi AK 2011**: Transcription factors regulating the progression of monocot and dicot seed development. *Bioessays* 33: 189-202.
2. **Aurélié V. G. et Vandebussche M.2011** : Evolution et développement de la fleur. *Biologie aujourd'hui*, 206(1) ,47-55. Société de biologie, 2012. Doi : 11.1051/jbio/2012007.
3. **Barthélémy Y. et Victor H. 2008**: Biologie florale et mode de reproduction sexuée de *Ptilostigma reticulatum* (D.C) Hochst. *Int J Biol. Chem. Sci* 2(3) :281-291,2008.
4. **Bell A. D. 1993** : Les plantes à fleurs. Masson.
5. **Bretagnolle F. 2010** : Cours sur l'évolution et diversité des végétaux. Université de la Bourgogne, 54p.
6. **Mugnier C. 2014** : Caractéristiques de la vernalisation d'une plante vivace, le Cresson de terre, *Barbarea praecox* Br. R. *Bulletin - Societe Botanique de France* 126(3):279-292.DOI: 10.1080/01811797.1979.10824398.
7. **Couderc H. et Gorenflot R. 1978** : Adaptation de la fleur entomophile de l'*Anthyllis vulneraria* L à l'autogamie. *Bulletin de la Société Botanique de France* .125 :7-8.378.
8. **Crepet W.L. 2000**: Progress in understanding angiosperm history, success, and relationships: Darwin's abominably "perplexing phenomenon". *Proc Natl Acad Sci USA*, 2000, 97, 12939–12941.
9. **David A. Baum 1995** : Le comparatif pollinisation et biologie florale de Baobab (*Adansonia*, *Bombacaceae*), en *Annales du Jardin botanique du Missouri*, vol. 82, n° 2 (1995), pp. 322-348.
10. **Démarré A.N. 1972** : Pollinisation du baobab (*Adansonia digitata*) par la roussette (*Rousettus aegyptiacus*), en *Journal Est African Wildlife* 1972; 10: 71-72.
11. **Deysson G. 1976** : Cours de Botanique. Générale Tome II. Organisation et classification de plantes vasculaires 2 vol.
12. **Edith L. 2009** : Rôle de la protéine ScFRK1 dans le développement du sac embryonnaire et son impact sur le guidage des tubes polliniques. Faculté des Arts et Sciences. Thèse. Maître ès sciences (M. Sc.) en sciences biologiques Déc 2009. Univ. Montréal. 141P.
13. **Gehring M, Choi Y, Fischer RL**. Imprinting and seed development. *Plant Cell* 2004; 16 (suppl): S203–13. [Google Scholar]
14. **Goldberg RB, de Paiva G, Yadegari R 1994**: Plant embryogenesis: zygote to seed. *Science* 266: 605-614.
15. **Gorenflot 1986** : Biologie végétale: plantes supérieures, Edition Dunod, 100p.
16. **Guern M. 2014** : Cours de botanique : Encyclopædia Universalis, Éditions Belin, Collection des Fous de Nature, 50p.
17. **Guillaume 2012** : Bio Végétale – Chapitre 8 : Angiospermes (spermaphytes).
18. **Halle F. 2004** : Architecture des plantes. JPC éd.
19. **Henderson IR, Dean C**. Control of *Arabidopsis* flowering : the chill before the bloom. *Development* 2004; 131 : 3829–38. [Google Scholar]
20. **Heywood V. H. 1993**: Flowering plants of the world. Bastford.

Références bibliographiques

21. **Higashiyama T. 2002:** The synergid cell: attractor and acceptor of the pollen tube for double fertilization. *Journal of plant research* 115, 149-160.
22. **Hiscock S.J., and allen A.M 2008:** Diverse cell signaling pathways regulate pollenstigma intération: the search for consensus, the new phytohist.
23. **Jean-Paul Pesty 2005 -** Bouturage, division, marcottage - Collection:Petits pratiques jardinage, Edition Hachette,64 pages.
24. **Judd W. 2002 :** Botanique systématique. De Boeck Université.
25. **Julien M.2014:** Phylogénie, datation moléculaire, et evolution florale des Magnolidae (Angiospermae).Thèse doc. Ecole doctorale : sciences du végétal. Univ. Paris –sud.
26. **Kasahara, R.D., Portereiko, M.F., Sandaklie-Nikolova, L., Rabiger, D.S., and Drews, G.N. 2005:** MYB98 is required for pollen tube guidance and synergid cell differentiation in Arabidopsis. *The Plant cell* 17, 2981-2992.
27. **Kurdyukov S., Song Y., Sheahan M., Rose R. 2014:** Transcriptional regulation of early embryo development in the model legume *Medicago truncatula*. *Plant Cell Reports* 33: 349-362.
28. **Laberche J. C. 2004 :** Biologie végétale. Dunod, Paris, 2^{ème} édition (1^{ère} édition 1999).
29. **Lersten N.R. 2004:** Flowering plant embryology. (Ames: Blackwell Publishing).
30. **Louis G. 1992 :** reproduction et développement des végétaux. Dunod, 233p.
31. **Paul M. année :** le déterminisme de la floraison contrôles génétiques épi génétiques. Cours biologie licence 3, Masrer de biologie végétale, concours de l'enseignement supérieur, et Doctorat 30p.
32. **Rees-Leonard O.L. 1935:** Macrosporogenesis and Development of the Macrogametophyte of *Solanum tuberosum* *Botanical Gazette* 96, 734-750.
33. **Reiser L. et Fischer RL. 1993:** The Ovule and the Embryo Sac. *Plant Cell* 5: 1291-1301.
34. **Roland J.C. Roland F. et bouteau H.M. Bouteau F.2001 :** Atlas biologie végétale 2.Organisation des plantes à fleurs,9 e edition. DUNOD.Paris, France, 156p.
35. **SBAY H. & LAMHAMEDI S., 2015 _** « Guide pratique de multiplication végétative des espèces forestières et agroforestières, Techniques de valorisation et de conservation des espèces à usages multiples face aux changements climatiques en Afrique du Nord ».ED Centre de Recherche Forestière ; 140P
36. **Sheldon CC, Rouse DT, Finnegan EJ, et al.** The molecular basis of vernalization : the central role of FLOWERING LOCUS C (FLC). *Proc Natl Acad Sci USA* 2000; 97 : 3753–8. [Google Scholar]
37. **Swink F. et Wilhelm G. 1994:** Plants of the Chicago region. éd. 4. Indiana Academy of Sciences
38. **Zouhair Djerbi, Samir Ayoub 2011;** Le modèle ABC face aux mutations des fonctions opérationnelles. Montpellier, France. pp.cd-rom. fihal-00650600

Liste figures tableaux photos

Liste des figures

N0	Titre	Page
Figure 1:	Les différentes étapes du passage à l'état reproducteur chez une Angiosperme	1
Figure 2 :	Organisation générale d'une fleur d'angiospermes	4
Figure 3 :	Structure d'une étamine	5
Figure 4 :	les anthocyanes	11
Figure 5 :	Soudure des étamines	12
Figure 6 :	Principaux types de position des anthères	13
Figure 7 :	Déhiscence des anthères	14
Figure 8:	Orientation de la déhiscence	14
Figure 9 :	Principaux types de placentation	16
Figure 10 :	Différents types d'ovules chez les Angiospermes	16
Figure 11 :	Type de placentation	17
Figure 12 :	Origine d'une fleur (Micrographies au microscope électronique à balayage)	28
Figure 13 :	Cycle de développement d' <i>Arabidopsis thaliana</i>	29
Figure 14 :	Modèle de répression du gène FLC par la vernalisation	30
Figure 15 :	Empreinte parentale sur FWA	31
Figure 16 :	Représentation la plus courante du modèle ABC	34
Figure 17:	Comparaison des séquences nucléotidiques des gènes de classes :A ,B et C pour <i>Arabidopsis thaliana</i>	35
Figure 18:	<i>Arabidopsis thaliana</i> , fleur mutantes et diagrammes floraux	36
Figure 19:	Mutant <i>Apetala 2</i> : Mutant du groupe A; transformation des sépales en carpelles et pétales en étamines	36
Figure 20:	Mutant <i>Agamous</i> : Mutant du groupe C; transformation des étamines en pétales et des carpelles en sépales	36
Figure 21 :	Description des mutants de classe A, B et C et établissement du modèle ABC	37
Figure 22 :	Pollinisation par le vent et insectes	38
Figure 23 :	Production d'une graine	43
Figure 24 :	Représentation schématique temporelle des stades d'interaction entre les grains de pollen et les différents tissus récepteurs femelles	47
Figure 25:	Représentation schématique du développement d'un sac embryonnaire	48
Figure 26 :	Représentation de la formation de la graine avant et après la double fécondation.	50
Figure 27 :	Développement de la graine chez <i>A. thaliana</i>	50
Figure 28 :	Développement de la fleur à la gousse au cours des différents stades de l'embryogénèse	52

Liste figures tableaux photos

Liste des tableaux

N0	Titres	Page
Tableau I:	Les pièces stériles : Péricarpes	3
Tableau II:	Inflorescence	6
Tableau III :	Type de fruits	53

Liste des Photos

N0	Titres	Page
Photo 1 :	Autochorie	60
Photo 2 :	Dispersion par explosion puis auto-enfouissement grâce à des mouvements gyroscopiques entraînés via un système de vis associé à la graine de l' <i>Erodium cicutarium</i>	60
Photo 3 :	Hydrochorie chez le nénuphar jaune	61
Photo 4 :	La nautochorie	62
Photo 5 :	Graines de coton prêtes à s'envoler	63
Photo 6 :	<i>Arctium lappa</i> s'accroche aux pelages grâce à des petits crochets	63
Photo 7 :	Une fourmi transportant une graine à élaïosome	64
Photo 8 :	Le <i>Viscum album</i> L. pousse sur les arbres et a besoin des oiseaux (ex. la grive) pour disséminer ses graines en hauteur	64
Photo 9 :	Anthropochorie	65
Photo 10 :	La dyszoochorie participe à la dissémination des graines	65
Photo 11 :	Bouturage du fuchsia (<i>rustica</i> .fr)	76
Photo 12 :	Bouture en crossette	77
Photo 13 :	Le marcottage « en serpenteau »	81
Photo 14 :	Marcottage par buttage ou en cépée	82
Photo 15:	Marcotte aérienne	84

