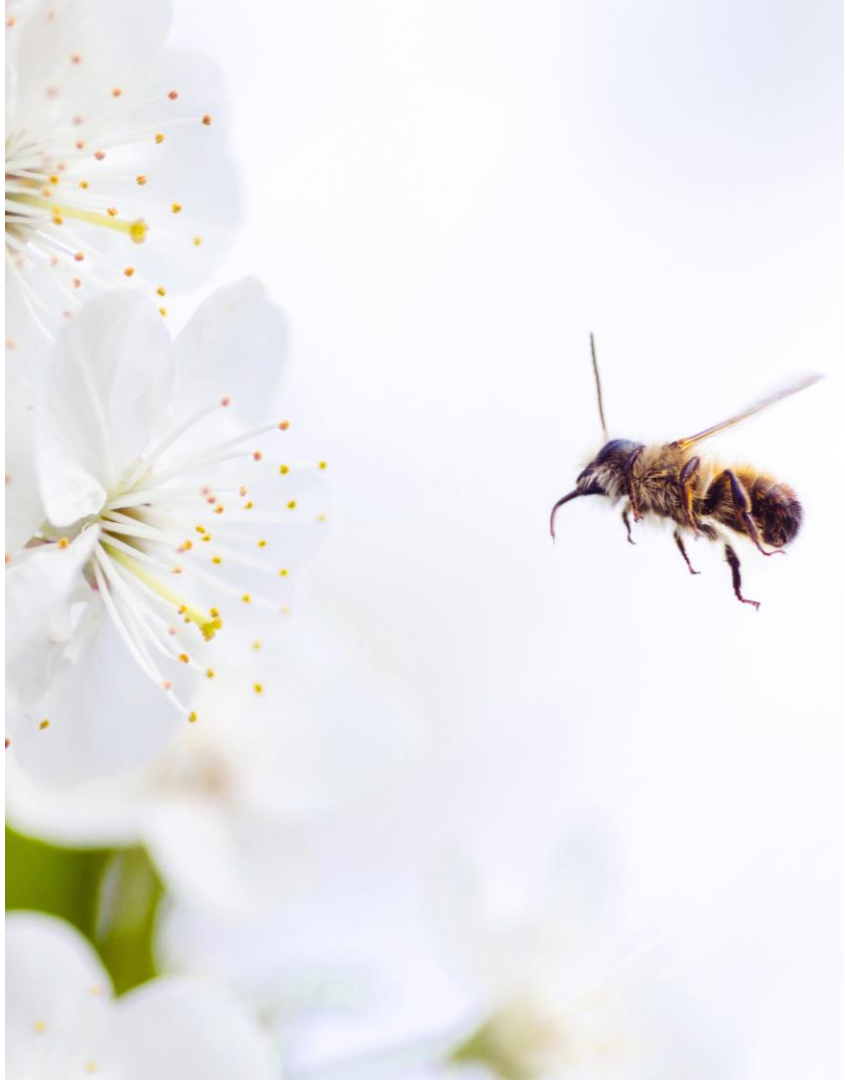


Septembre 2024

# La reproduction végétale

Julia Zinsmeister, MCF APT  
*[julia.zinsmeister@agroparistech.fr](mailto:julia.zinsmeister@agroparistech.fr)*

AgroParisTech 



# Plan de cours

## Introduction

### 1. La reproduction asexuée

- 1.1 Le marcottage
- 1.2 Le bouturage
- 1.3 Le drageonnage
- 1.4 Multiplication par organes spécialisés
- 1.5 Multiplication artificielle: le greffage
- 1.6 Propriétés cellulaires de la reproduction asexuée
- 1.7 Utilisations en culture *in vitro*

### 2. La reproduction sexuée

#### 2. A La fleur et la floraison

- 2.A.1 Morphologie de la fleur
- 2.A.2 Types de reproduction
- 2.A.3 L'induction florale
- 2.A.4 Pratiques horticoles

#### 2.B La fécondation

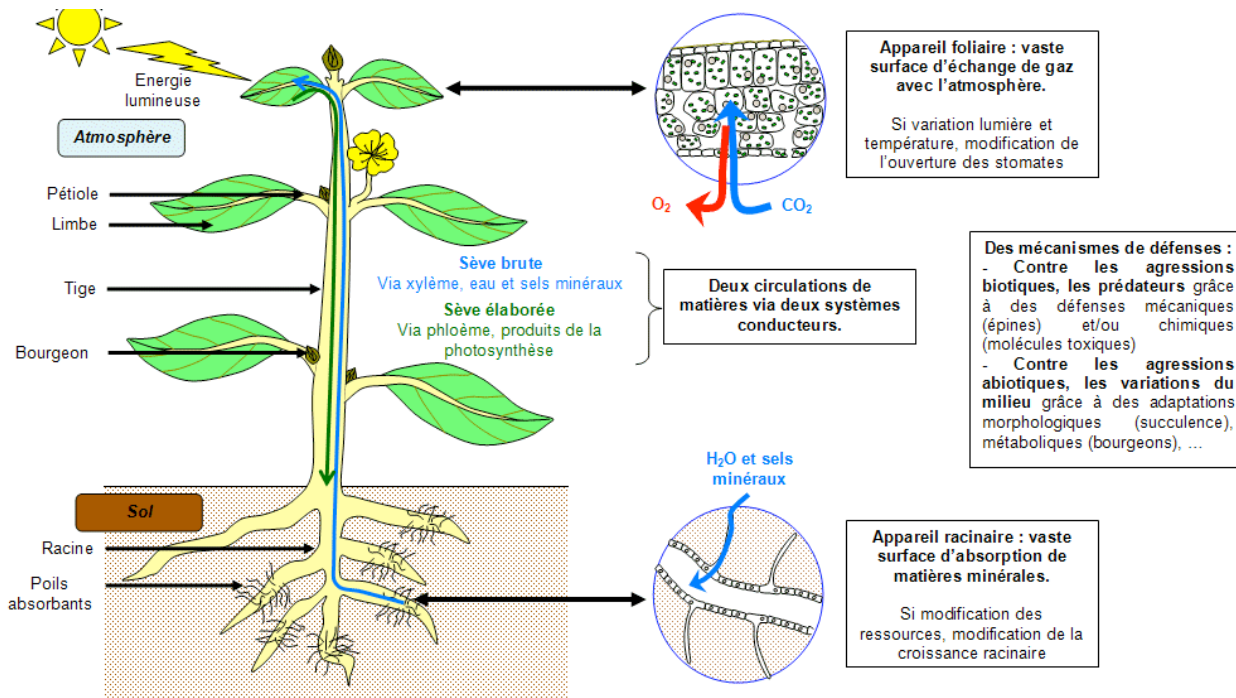
- 2.B.1 La pollinisation
- 2.B.2 Formation des gamétophytes mâles et femelles
- 2.B.3 La double fécondation
- 2.B.4 Développement de la graine

#### 2.C Formation du fruit et dissémination

## Conclusion

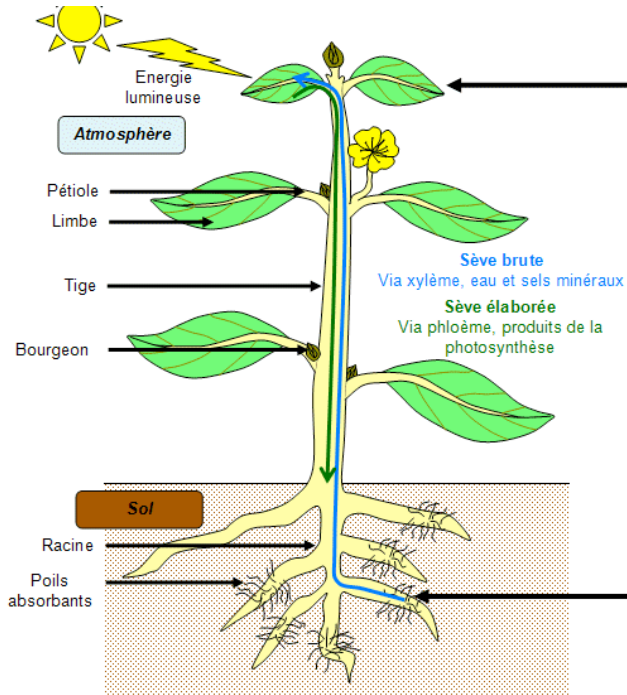
# Introduction

## Les plantes: de la vie fixe à la mobilité



# Introduction

Les plantes: de la vie fixe à la mobilité



Colonisation de  
nouveaux milieux *via* la  
reproduction

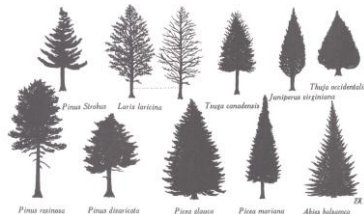
Sexuée

Asexuée

# Introduction

Les plantes à graines (Spermatophytes) comprennent 2 groupes majeurs

1) Gymnospermes  
800 espèces vivantes



2) Angiospermes;  
Plus de 400 000 espèces vivantes

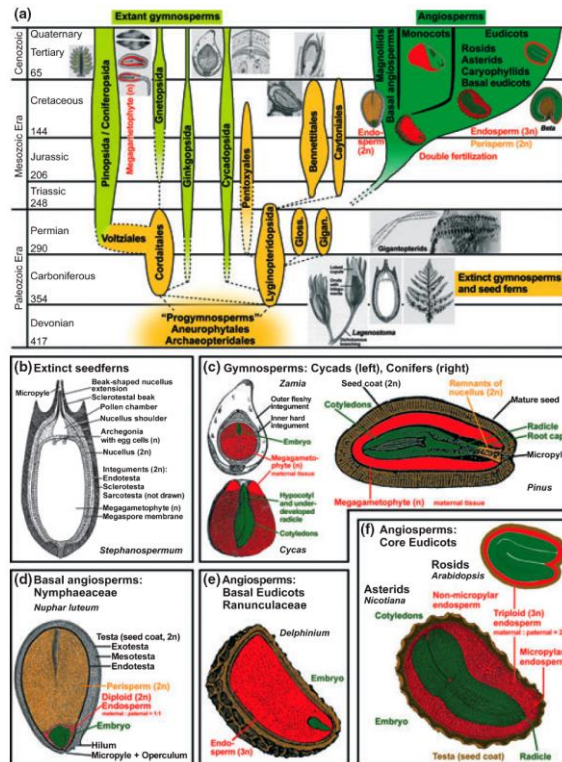
*International strategy for preservation of the plant biodiversity*

[www.bgci.org](http://www.bgci.org)

<https://www.plants2020.net>

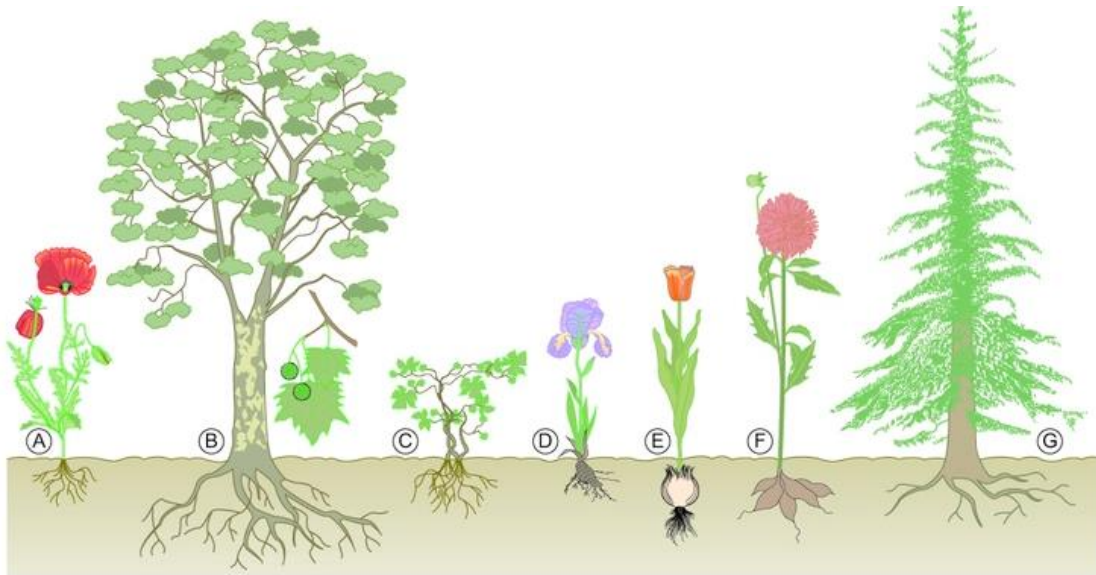


Linkies et al (2010) The evolution of seeds. New Phytologist, 186: 817–831



# Introduction

## Les cycles de vie des plantes



### plantes annuelles

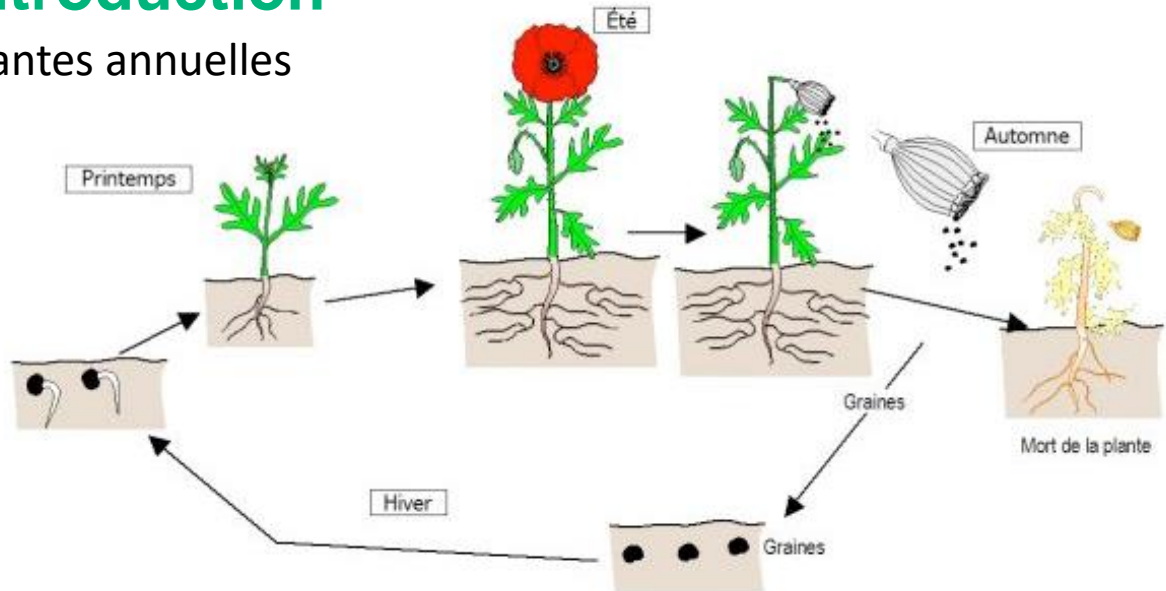
- A. Coquelicot
- B. Platane (arbre à feuilles caduques)
- C. Vigne (arbuste)

### plantes vivaces

- D. Iris (plante à rhizome)
- E. Tulipe (plante à bulbe)
- F. Dahlia (plante à tubercules)
- G. Épicéa (arbre à feuilles persistantes)

# Introduction

## Plantes annuelles



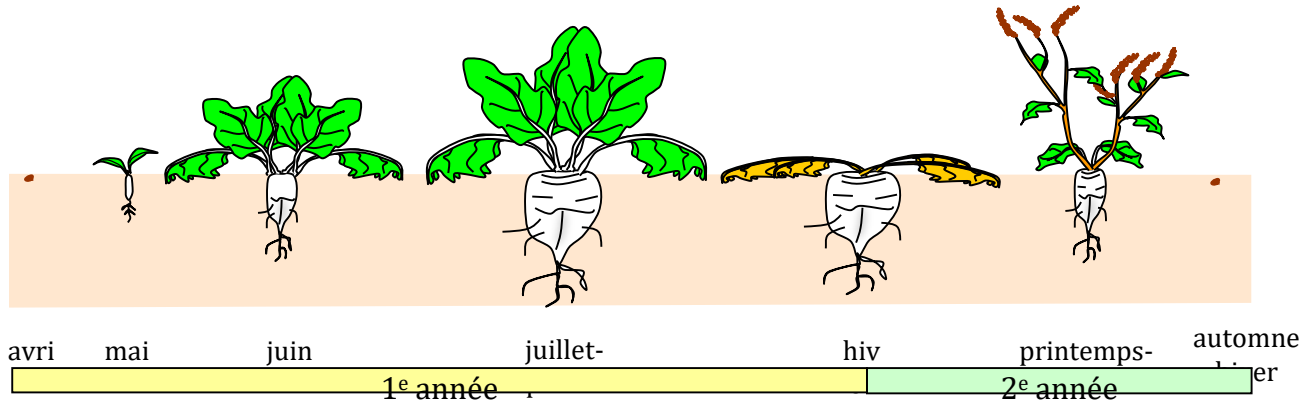
Cycle complet en un an : germination des graines au printemps, puis développement des tiges et des feuilles.

La plante fleurit et donne un fruit (contenant les graines)

→ Haricot, blé, riz, coquelicot, colza, *Arabidopsis thaliana*

# Introduction

## Plantes bisannuelles



Accumulation de réserves la première année. Montée de la plante + fleurs et fruits, la deuxième année

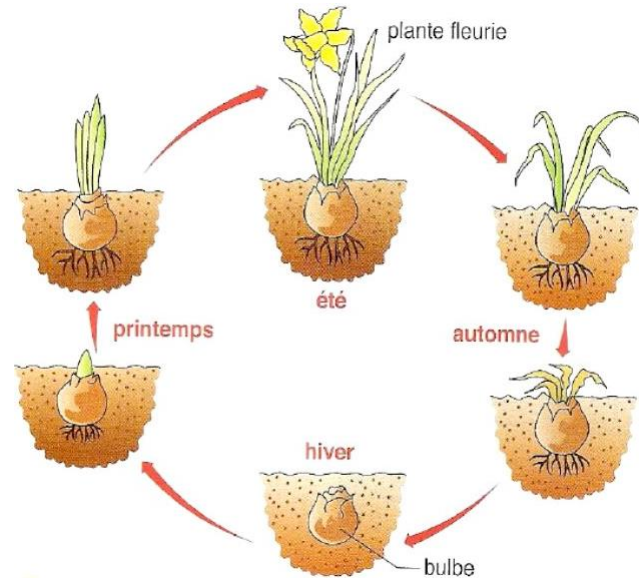
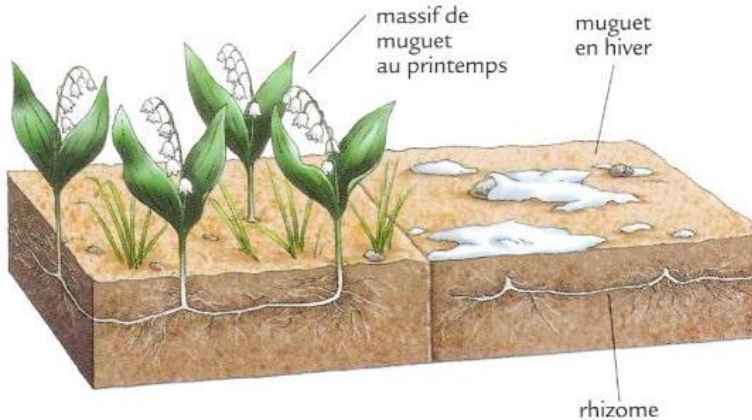
→ Betterave, digitale, mauves, carotte

→ *A noter: différences en production de semences et production horticole par exemple pour la carotte*



# Introduction

## Plantes vivaces

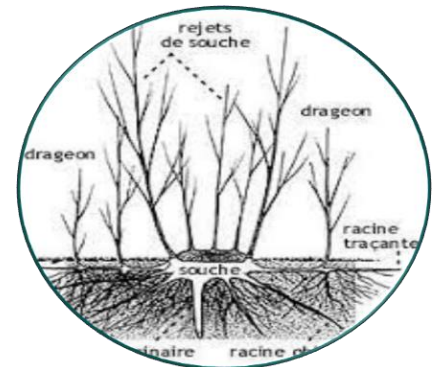
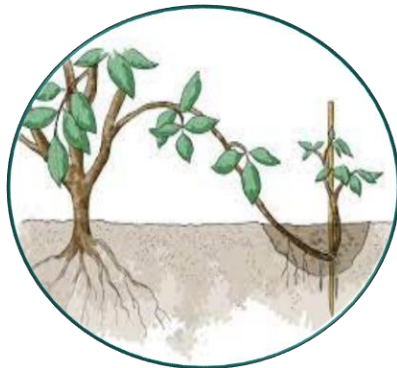


Organisées pour durer, la vie se perpétue dans leur parties souterraines (bulbes, rhizomes, tubercules)

# 1. La reproduction asexuée

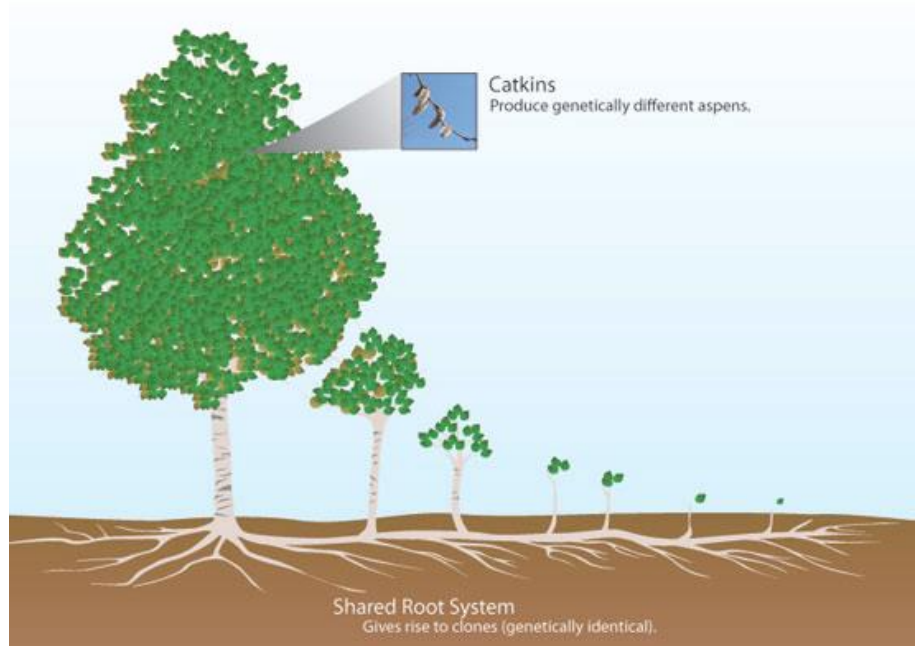
# 1. La reproduction asexuée

« La reproduction asexuée est la **formation d'un nouvel individu** à partir d'un seul individu **sans fusion de gamètes** »  
= Reproduction clonale



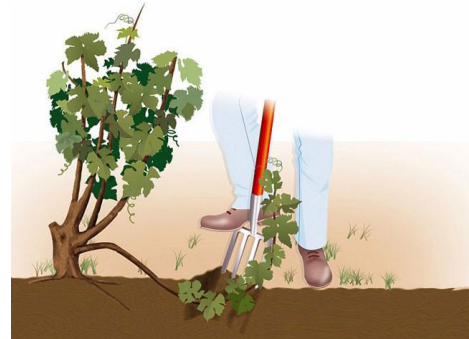
# 1. La reproduction asexuée

Reproduction asexuée et sexuée: Deux phénomènes ne s'excluant pas



# 1.1 Le marcottage

- Multiplication d'une plante par contact d'une des branches ou tige spécialisée (stolon) avec le sol
- Pratique utilisée notamment en arboriculture



**Fragmentation de l'organisme**

## 1.2 Le bouturage

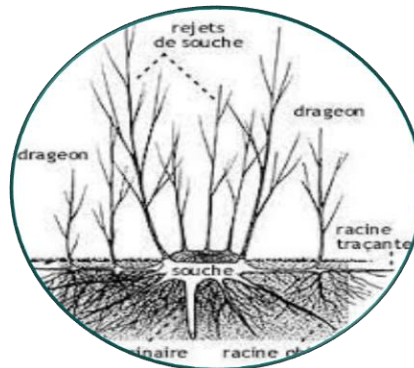
- Multiplication d'une plante par isolation d'une de ses parties  
→ Pratique utilisée pour multiplier les plantes en horticulture: production de géraniums en serre par exemple



**Fragmentation de l'organisme**

## 1.3 Le drageonnage

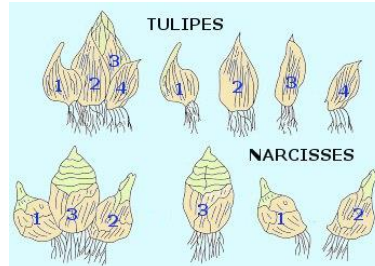
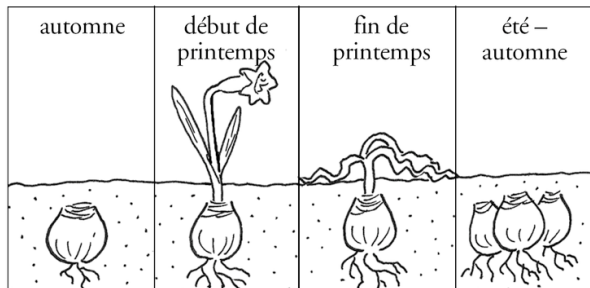
- Un drageon est une pousse issue de la racine de la plante mère clonée qui peut devenir autonome et former un nouvel individu, identique au premier



**Fragmentation de l'organisme**

# 1.4 Multiplication par organes spécialisés

- A partir de bulbes



**Formation d'organes spécialisés**



## 1.4 Multiplication par organes spécialisés

- A partir de bulbilles (exemple: ail)



**Formation d'organes spécialisés**

## 1.4 Multiplication par organes spécialisés

- A partir de bulbilles aériens (exemple: kalanchoé)



**Formation d'organes spécialisés**

## 1.4 Multiplication par organes spécialisés

- A partir de tubercules caulinaires (pomme de terre)



**Formation d'organes spécialisés**

## 1.5 Multiplication artificielle: le greffage

- Greffage: technique permettant de multiplier un arbre fruitier : on détache de petits rameaux, les greffons, qu'on implante selon différents procédés, sur un arbre de même espèce choisie pour sa vigueur, le porte-greffe
- *Espèces greffées: agrumes (citronnier, oranger: gel des racines) ; Pommier (petite taille) ; Poirier (résistance au maladie) ; Prunus ; Rosiers (production)*
- *Exemple : la vigne*

## 1.5 Multiplication artificielle: le greffage

La vigne est greffée, à cause d'un insecte radicole, le **phylloxéra**. Il attaque les racines de la vigne et les détruit. Seules les vignes américaines, issues du continent d'origine du ravageur, le tolèrent. Leurs espèces ont été utilisées pour servir de porte-greffe.



**VIGNES AMÉRICAINES**  
Bien authentiques et résistant au Phylloxera  
DE  
**MM. BUSII ET FILS ET MEISSNER**  
de Saint-Louis (Missouri)  
D'IMPORTATION DIRECTE ET DE PROVENANCE FRANÇAISE

# 1.5 Multiplication artificielle: le greffage

## Effet de la communication hormonales

Rootstocks overproducing ABA  
(sp12 and sp5)

Rootstocks overproducing cytokinin  
(IPT F and IPT G)

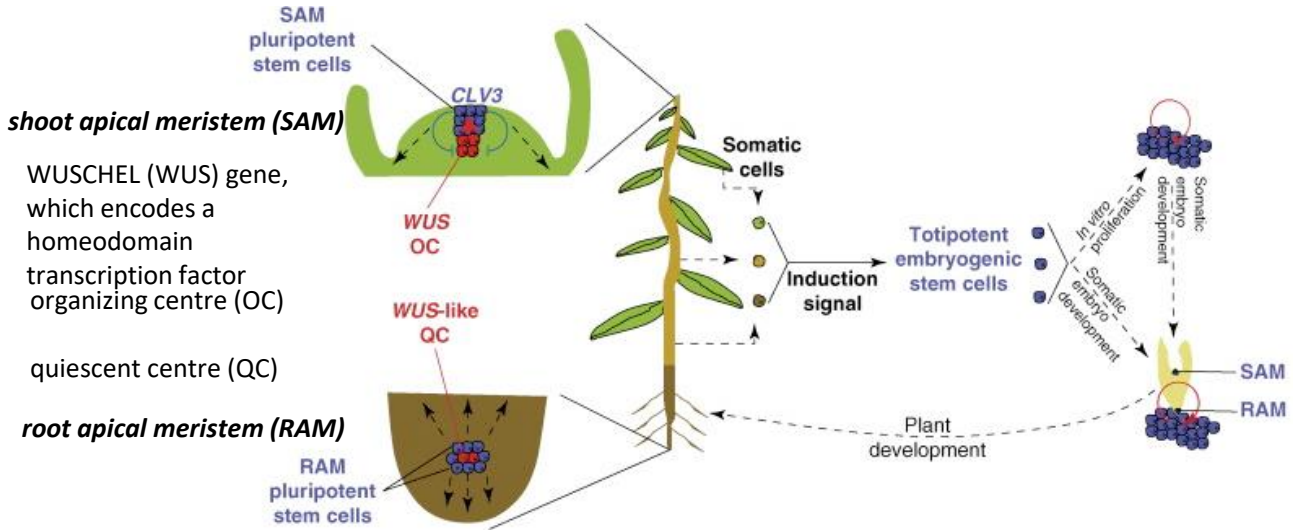


## 1.6 Propriétés cellulaires de la reproduction asexuée

- Les **cellules indifférenciées** se multiplient par mitose puis se **différencient** pour donner les différents organes du nouvel individu
- La **totipotence des cellules végétales** permet de passer d'un état différencié à indifférencié
- On appelle cela la formation **d'embryons somatiques** (vs embryons zygotiques issus de la reproduction sexuée)

# 1.6 Propriétés cellulaires de la reproduction asexuée

La **totipotence** est, en biologie, la propriété d'une cellule de se différencier en n'importe quelle cellule spécialisée et de se structurer en formant un être vivant multicellulaire



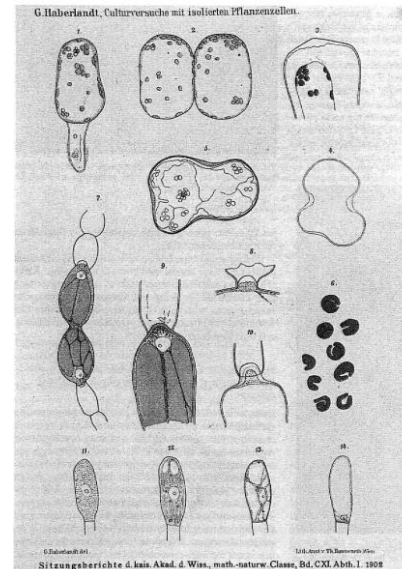
Classical concept of plant stem cells

Extended concept of plant stem cells



## 1.7 Utilisations en culture *in vitro*

- Concept initié par Gottlieb Haberlandt, botaniste Autrichien **1902**: totipotentiality: “Theoretically all plant cells are able to give rise to a complete plant



## 1.6 Propriétés cellulaires de la reproduction asexuée

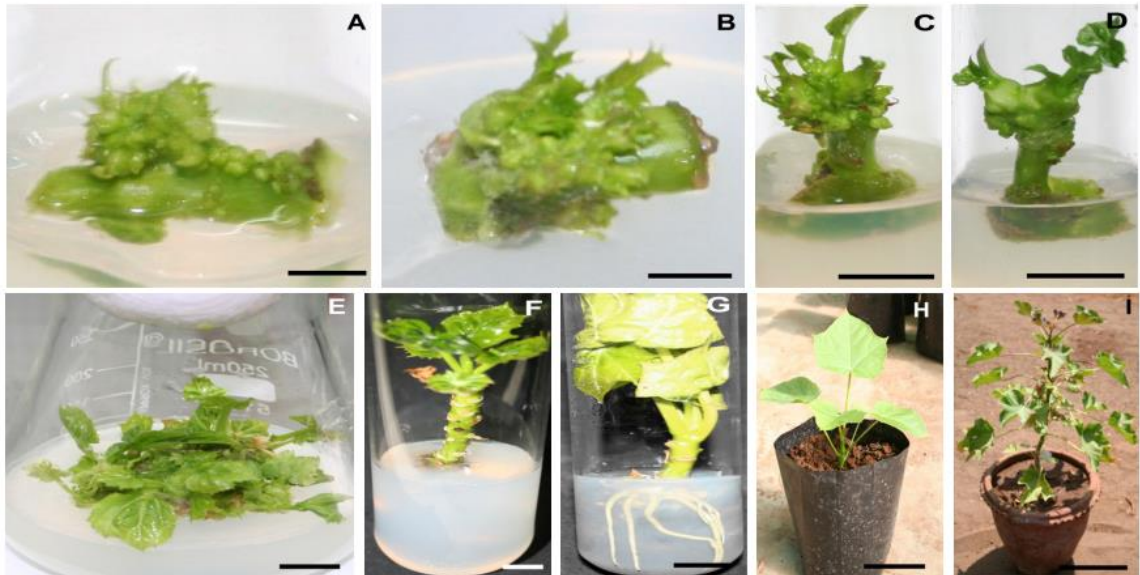
- Totipotence et reprogrammation cellulaire: rôle des hormones
- « Forçage » de la dédifférenciation des cellules différenciées (exemple: de feuille) par application d'hormones:

**Cytokinines (CK)** et **Auxine (AIA)**

- 1). **Callogénèse:** ratio  $AIA/CK=1$
- 2). **Caulogénèse:** ratio  $AIA/CK < 1$
- 3). **Rhizogénèse:** ratio  $AIA/CK > 1$



## 1.6 Propriétés cellulaires de la reproduction asexuée



Exemple: Etapes de culture *in vitro* de *Jatropha curcas* (Kumar and Reddy, 2010)

## 1.7 Utilisations en culture *in vitro*

- Utilisation en agriculture de la culture *in vitro*

### Recherche

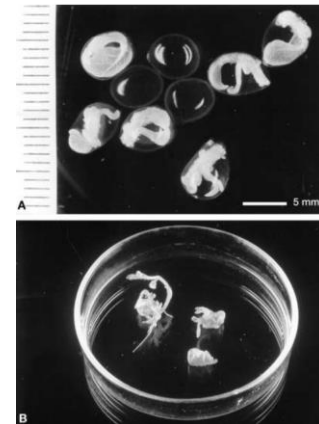
- Interactions plantes/pathogènes
- Etude de l'embryogénèse somatique
- Polyploïdisation

### Sélection variétale

- Micropropagation (propagation clonale, **production de plants exempts de pathogènes**, conservation *in vitro* des germplasmés)

### Production agricole

- Production de graines artificielles
- Diploïdisation de cultures haploïdes**
- Micropropagation à visée commerciale



(Patel *et al.*, 2000)  
Semences artificielles  
de carotte

## 1.7 Utilisations en culture *in vitro*

- **Haplo-diploïdisation** : permet d'obtenir des lignées pures

La création de lignées pures est une étape nécessaire dans les programmes d'amélioration des plantes.

Elle permet de stabiliser les combinaisons génétiques favorables obtenues par sélection.

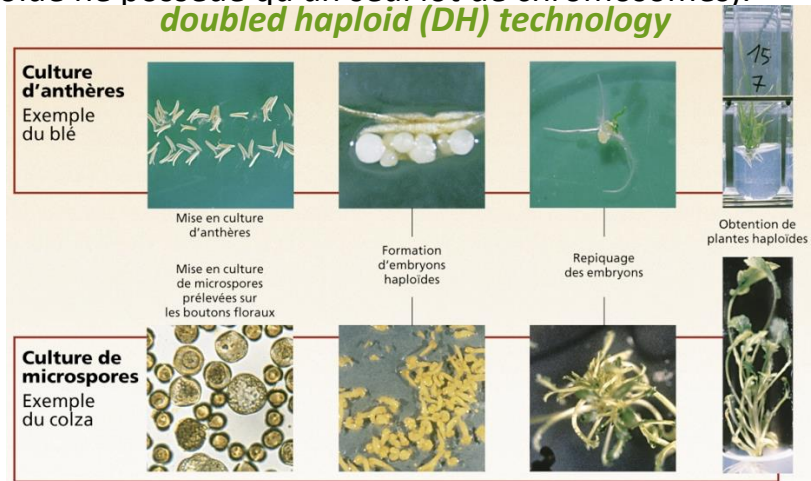
Dans une lignée pure, les plantes sont "homozygotes" pour tous les caractères, c'est-à-dire que les deux lots de chromosomes homologues sont identiques.

En sélection classique, on obtient cette "homogénéisation" du génome en réalisant de nombreuses autofécondations.

## 1.7 Utilisations en culture *in vitro*

**Haplo-diploïdisation** : permet d'obtenir des lignées pures

Génération d'une plante haploïde par exemple en cultivant des grains de pollen isolés (une plante haploïde ne possède qu'un seul lot de chromosomes).



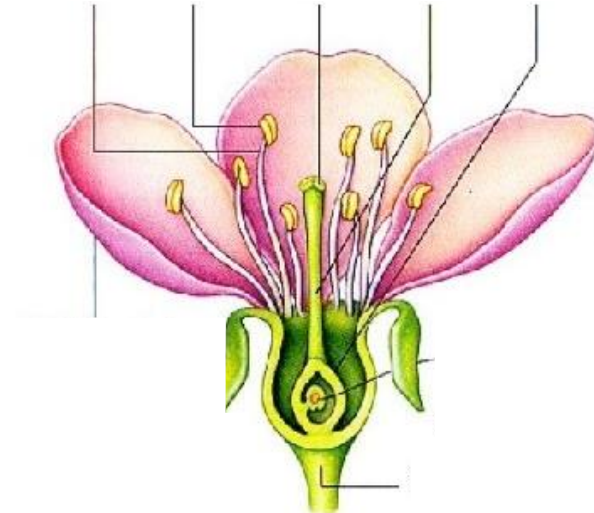
A partir de ces plantes haploïdes, on peut obtenir des plantes dites "haploïdes doublées", après doublement du stock chromosomique, en utilisant la colchicine. Ainsi des lignées pures sont produites en quelques mois au lieu de 8 à 10 ans par la méthode classique d'autofécondations

# 2. La reproduction sexuée

## 2.A La fleur et la floraison

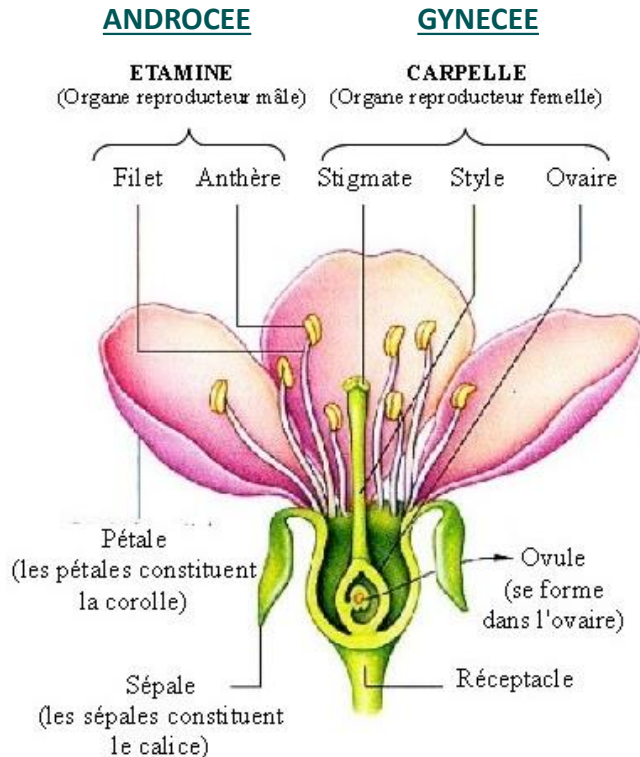
## 2.A.1 Morphologie de la fleur

- Structure générale de la fleur





## 2.A.1 Morphologie de la fleur



## 2.A.1 Morphologie de la fleur

- Formule florale

-Les lettres donnent la nature des pièces florales : S pour sépales, P pour pétales, E pour étamines, C pour carpelle, et T pour tépales. Les chiffres présentent le nombre de pièces florales

-X, fleur zygomorphe, O, actinomorphe

-C, Ovaire supère,  $\overline{C}$ , ovaire infère



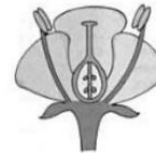
Pomme de terre



Violette

Zygomorphe: symétrie  
centrale

Actinomorphe: symétrie  
bilatérale



Ovaire  
supère

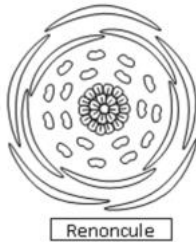
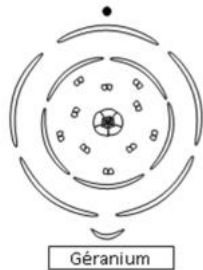


Ovaire  
infère

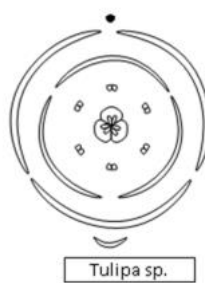
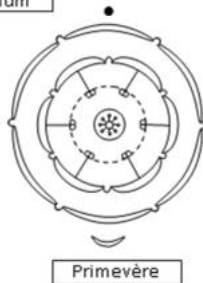
## 2.A.1 Morphologie de la fleur

- Construction de diagrammes floraux

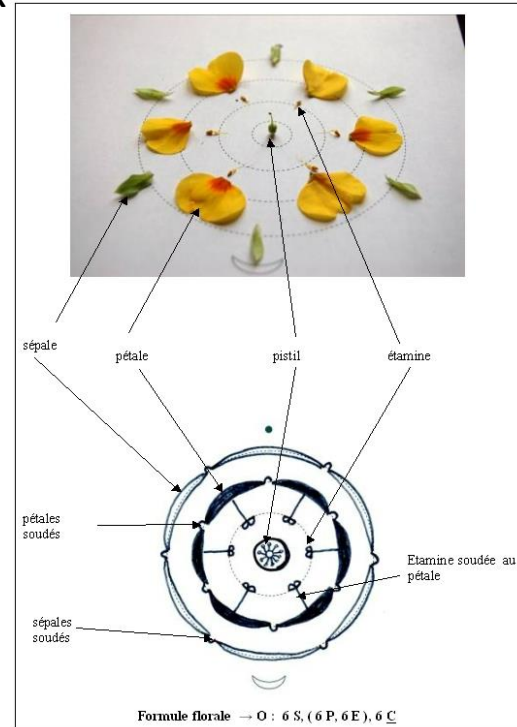
O:5S,5P,10E,(5C)



O:6T,6E,(3C)



O :3S, 3P,6E,(3C)



## 2.A.2 Types de reproduction

- Fleur unisexuée: Fleur ne possédant qu'un gynécée ou un androcée

*Ex: la fleur de bégonia*



- Fleur hermaphrodite: Fleur possédant un gynécée et un androcée

*Ex: la fleur de lys*



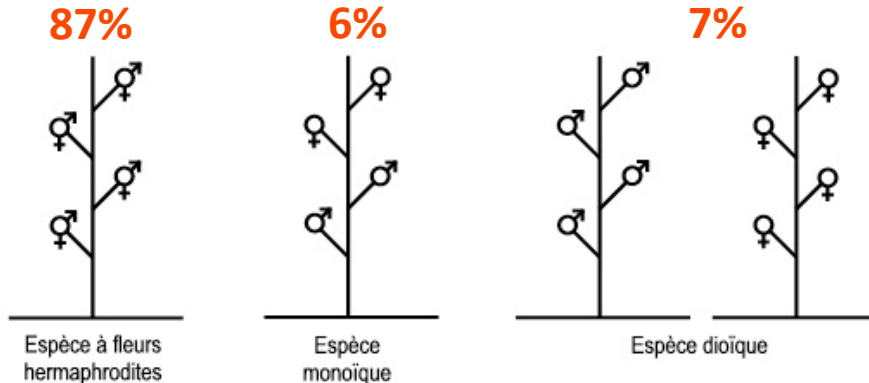
## 2.A.2 Types de reproduction

- Espèce monoïque: Les individus portent des fleurs mâles et femelles sur un même pied

*Ex: bouleau, aulne, ricin, maïs*

- Espèce dioïque: les individus ne portent que des fleurs mâles ou des fleurs femelles

*Ex: asperge, chanvre, saule, houblon*



## 2.A.3 L'induction florale

- La floraison: l'initiation d'une fleur

Transition de la **phase végétative** à **florale**

- Régulation par les hormones
- Importance des facteurs environnementaux: froid, photopériodisme

## 2.A.3 L'induction florale

- Etude de la floraison sur le modèle *Arabidopsis thaliana*



Cycle de  
vie court  
(6  
semaines)

Facilités de  
transformation  
*A. tumefaciens*

Petit  
génom  
séquéncé

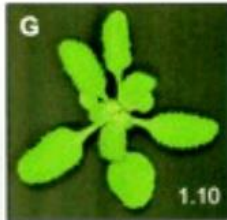


Plante  
autogamme

Banque de  
mutants  
disponible

## 2.A.3 L'induction florale

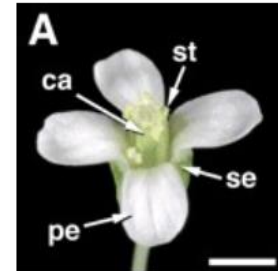
- Les phases de développement d'*Arabidopsis thaliana*



Rosette leaves



Cauline leaves



Flower

Juvenile ———— Végétative ———— Inflorescence ———— Floral

Vegetative Phase  
Change

Reproductive  
transition

Meristem Identity  
transition

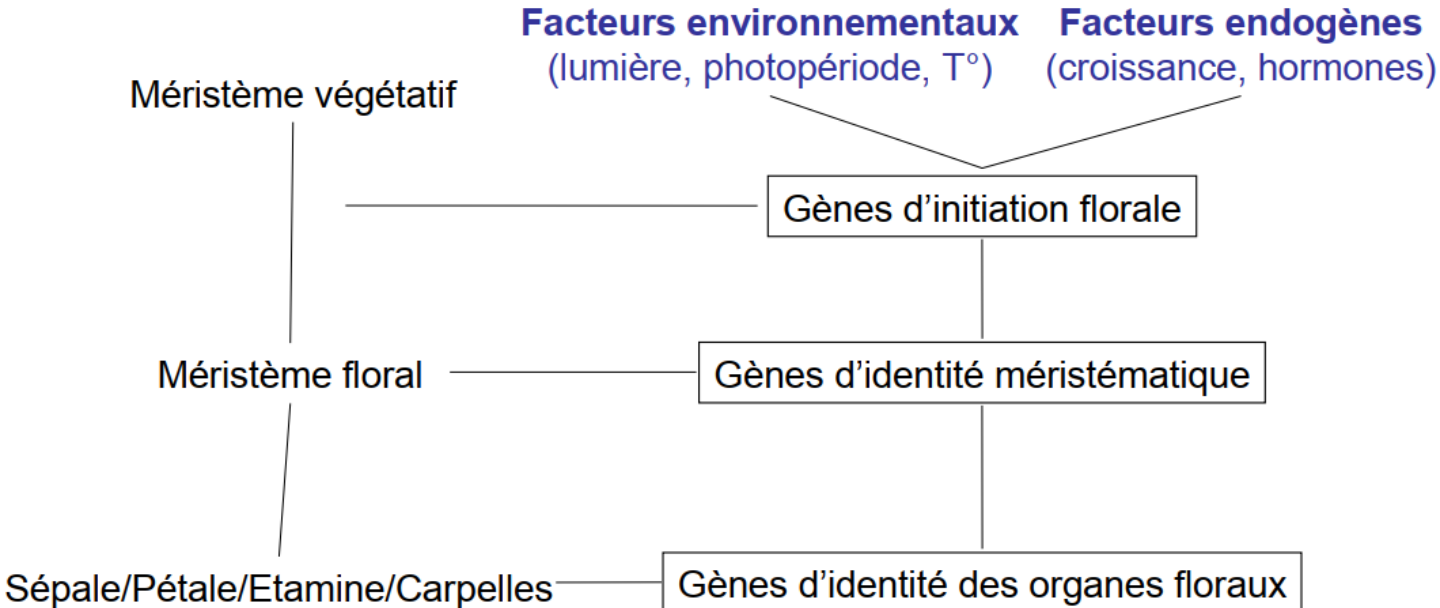


## 2.A.3 L'induction florale

- Il existe une phase juvénile chez Arabidopsis (non permissive aux facteurs déclenchant la floraison)
- Arabidopsis est **sensible à la photopériode**  
Long day facultative (LD induit la floraison)
- Arabidopsis est **sensible à la vernalisation**  
Winter annuals (besoin de froid pour induire la floraison)
- La floraison est **contrôlée par des facteurs endogènes**:  
Stade de développement de la plante  
Rôle des hormones (Acide gibbérellique, GA)
- D'autres facteurs environnementaux interviennent :  
température,  
qualité / quantité de la lumière

## 2.A.3 L'induction florale

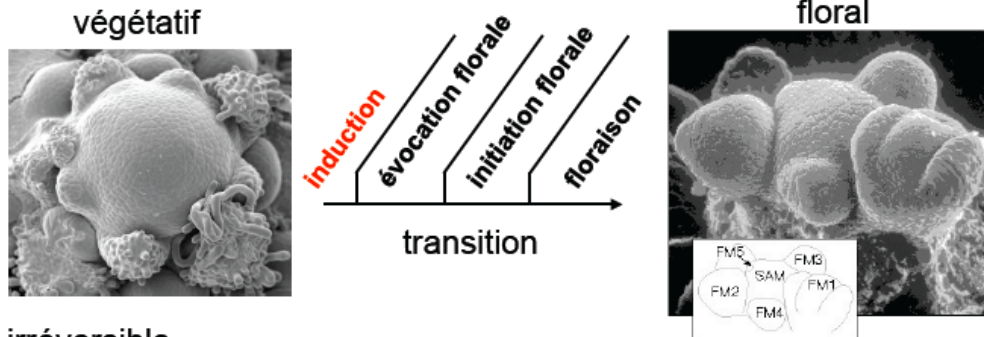
- Contrôle de l'initiation florale



## 2.A.3 L'induction florale

### La floraison

- Lieu: méristème (vient de *meristos*=division)
  - = Massif de cellules embryonnaires qui se divisent et donnent naissance à
    - tige, feuilles, racines (**méristème végétatif**)
    - la fleur (**méristème reproducteur**)

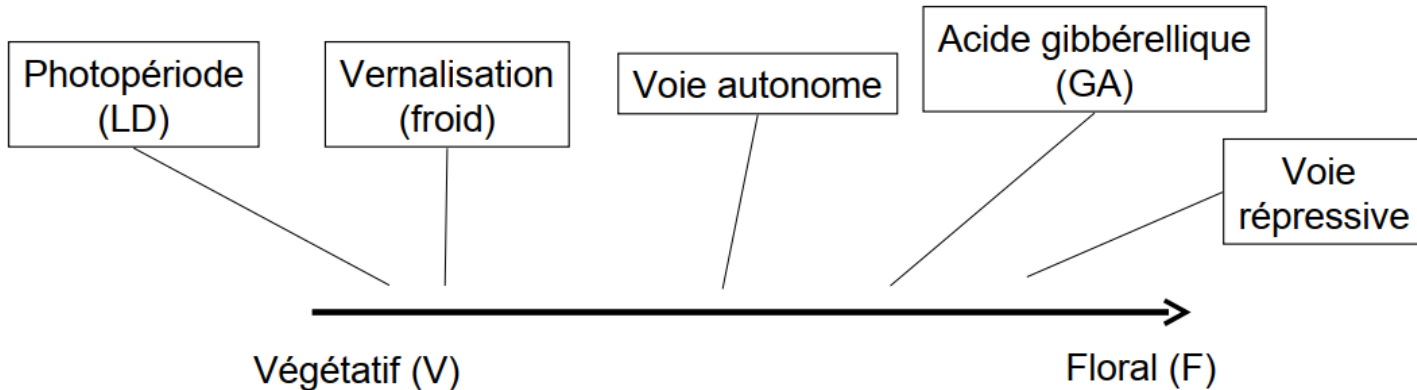


- Transition irréversible
- Si se produit au mauvais moment, conséquences sur la qualité des graines

**Synchronisation de la floraison avec une saison favorable**

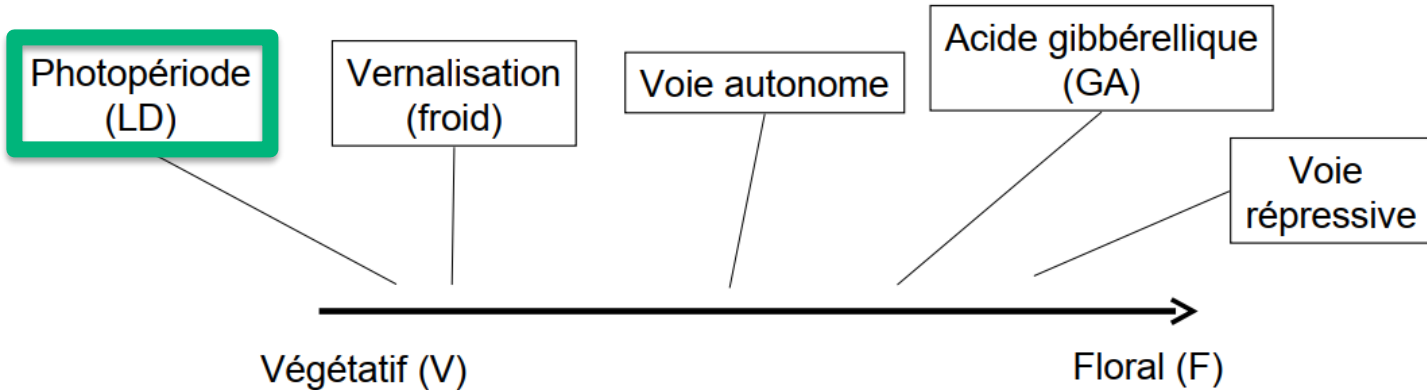
## 2.A.3 L'induction florale

- Contrôle de l'initiation florale: 5 voies majeures



## 2.A.3 L'induction florale

- Contrôle de l'initiation florale: 5 voies majeures



## 2.A.3 L'induction florale

### La Photopériode

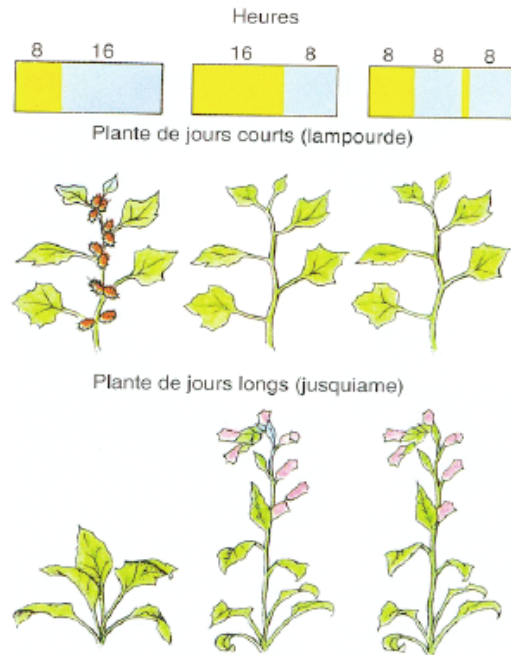
les plantes de jours courts ne fleurissent que si la *durée du jour est inférieure à une valeur critique*.

Si la période d'obscurité est interrompue-> pas de floraison

Les plantes de jours longs ne fleurissent que si la *durée du jour est supérieure à une valeur critique*:

Si la plante est en jour court et que l'obscurité est interrompue-> floraison

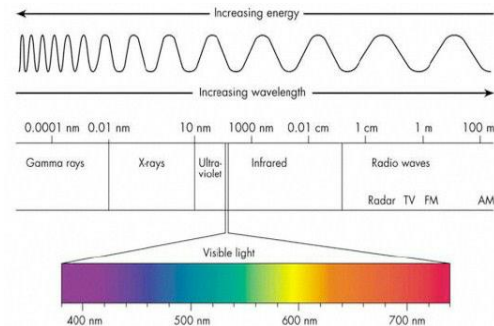
=>les plantes détectent la durée de la nuit



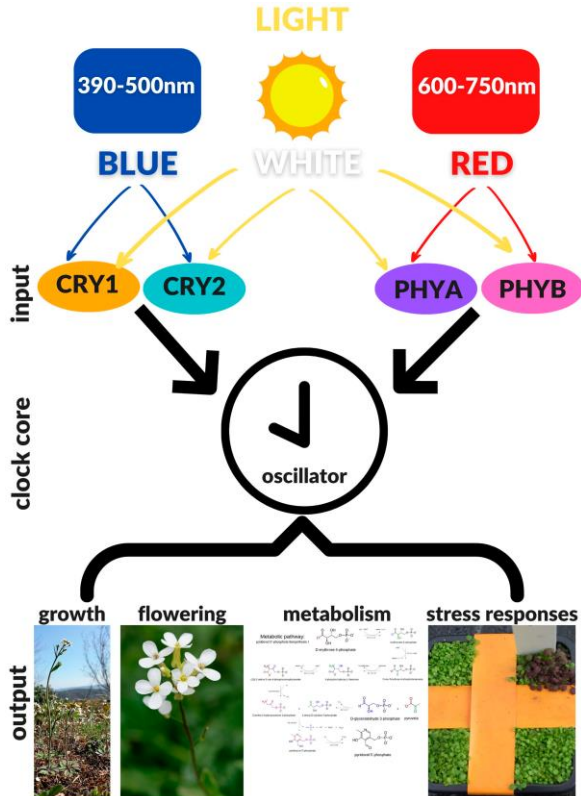
## 2.A.3 L'induction florale

La qualité de la lumière est perçue par les **Phytochromes**

- existent chez les plantes, algues et bactéries
- absorbent la lumière rouge et rouge-lointain
- 5 gènes nucléaires chez Arabidopsis
- les Cryptochromes perçoivent la lumière bleue



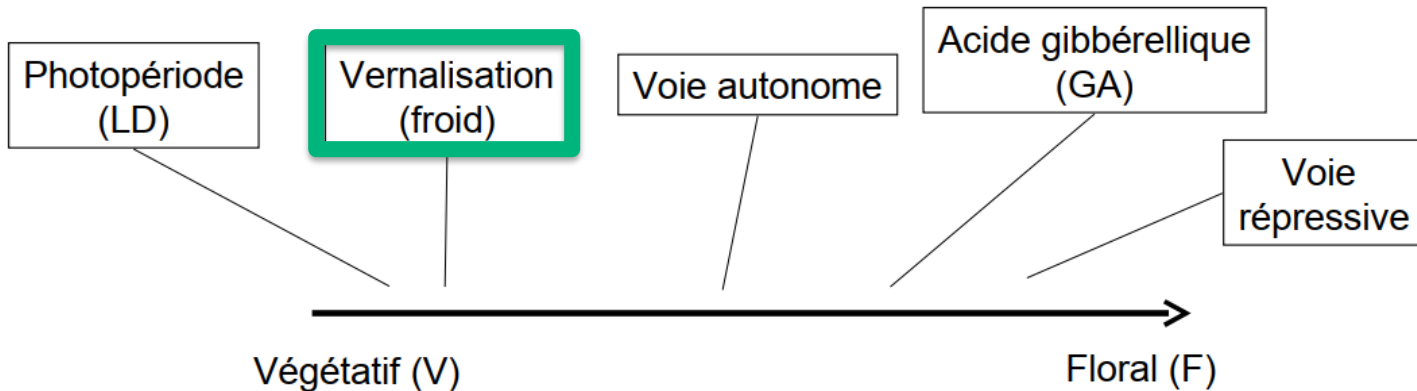
## 2.A.3 L'induction florale





## 2.A.3 L'induction florale

- Contrôle de l'initiation florale: 5 voies majeures



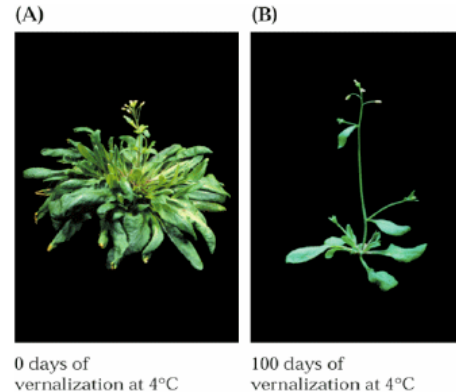
## 2.A.3 L'induction florale

### La floraison

Certaines plantes ou populations naturelles (écotypes) nécessitent un passage au froid pour fleurir (hiver),

Le gène *FRIGIDA* permet une floraison tardive qui peut être modulée par un traitement au froid (vernalisation). Des mutations spontanées (perte de fonction) existent chez des écotypes de pays chauds qui n'ont pas besoin de passage au froid pour fleurir

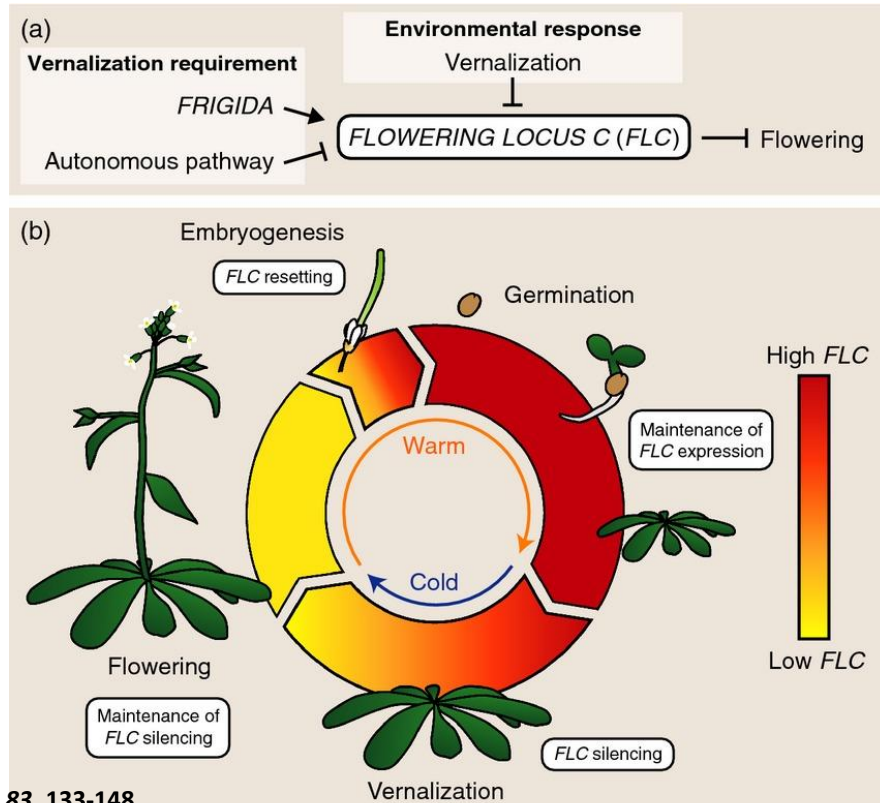
⇒*FRI*: perception de la température pour induire la floraison



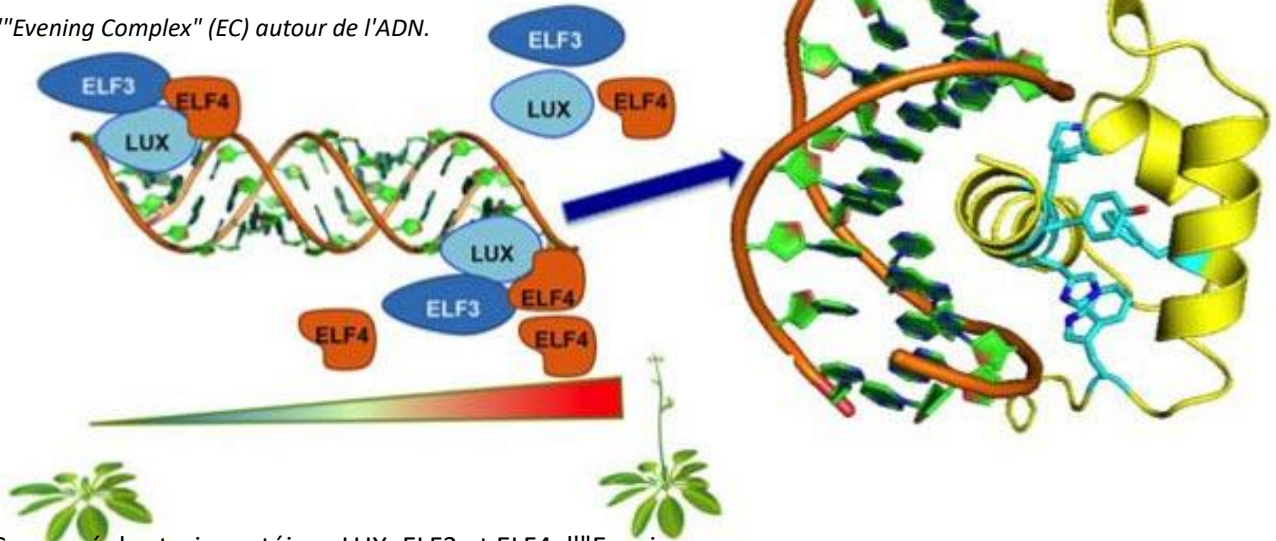
La vernalisation provoque la déméthylation des cytosines (5-azacytidine mime la vernalisation) ⇒ la déméthylation de certains gènes lors de la germination régule la floraison, plus tardive.

Modifications héritable mitotiquement de l'activité des gènes, sans modifications de séquences (mutations):  
*Etats épigénétiques*

## 2.A.3 L'induction florale



*"Evening Complex" (EC) autour de l'ADN.*



Composé des trois protéines LUX, ELF3 et ELF4, l'"Evening Complex" régule l'expression de gènes impliqués dans la croissance et la floraison des plantes, en fonction de la température extérieure.

Même si les trois protéines sont nécessaires au bon fonctionnement du complexe, seule l'activité d'ELF3 dépend directement de la température.

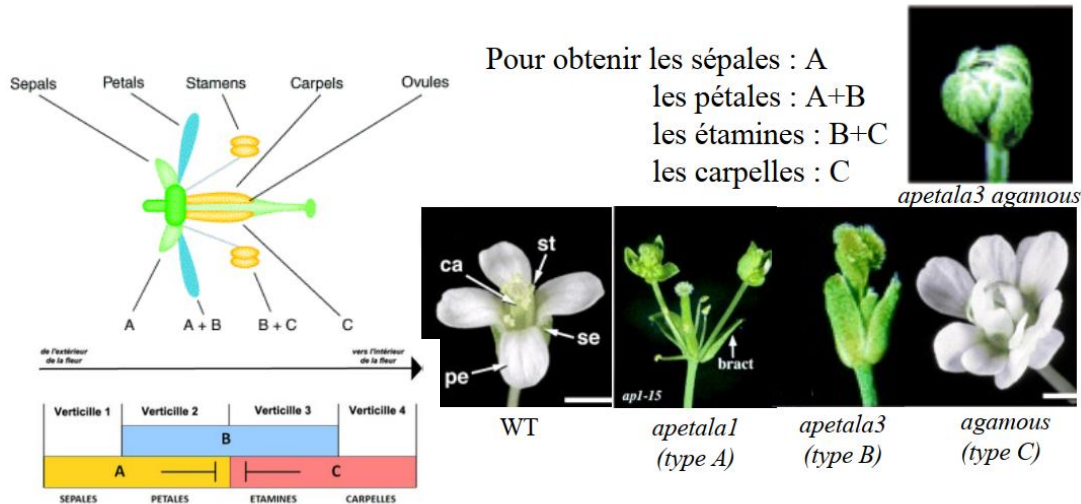
Lorsque la température augmente, ELF3 empêche le complexe de se lier à l'ADN et donc réprimer les gènes de croissance, ce qui les active.

*L'EC agit comme un thermosenseur en se fixant à l'ADN à basse températures, ce qui réprime les gènes de croissance ciblés. Lorsque la température augmente, l'EC se dissocie de l'ADN et les gènes s'expriment, entraînant une floraison précoce.*

**Catarina et al., 2020 - Molecular mechanisms of Evening Complex activity in Arabidopsis.**

## 2.A.3 L'induction florale

- Régulation génique: le modèle ABC



Exemples : mutation des gènes type A : Uniquement étamines et carpelles  
 mutation des gènes type B : Uniquement Sépales et Carpelles  
 mutation des gènes type C : Uniquement des Sépales et Carpelles  
 double mutant (type B et C) : Uniquement des Sépales

## 2.A.4 Pratiques horticoles

- Modifier la photopériode

*Ex: Culture de chrysanthème: avancement de la floraison en été (jours longs) en opacifiant les plantes; retardement de la floraison en jours courts en appliquant des flashes lumineux la nuit*

- Traitement de vernalisation: hâter la Floraison

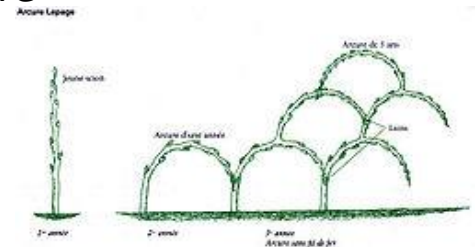
*Ex: vente de fleurs*



- Cernage des racines, incision annulaire

- Arçure, palissage:

*Ex: arboriculture, « plier » les branches  
Pour stimuler la production de fruit en  
Modifiant les flux hormonaux*



# 2. La reproduction sexuée

## 2.B La fécondation

## 2.B.1 La pollinisation

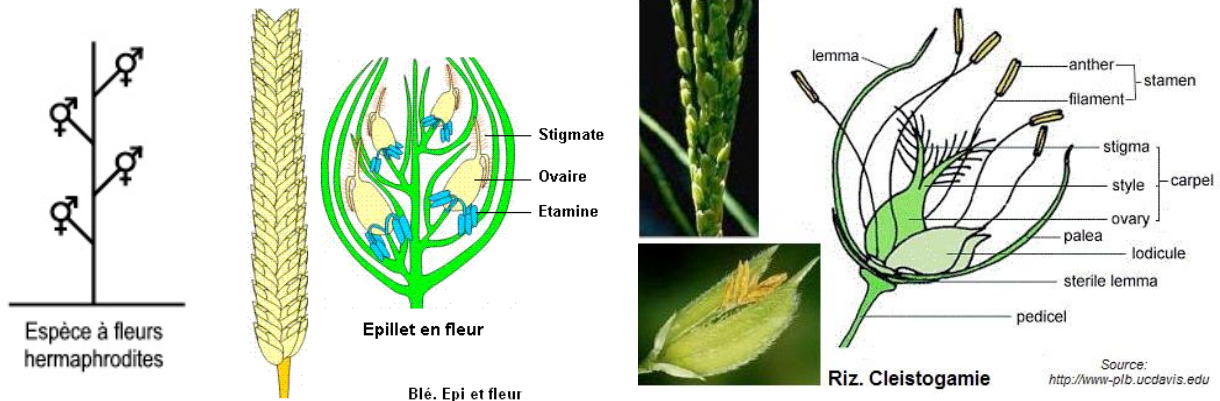
- Les différents types de fécondation:

Caractérisation		Pollen	Types de fleurs	Maturité des gamètes ♂ Et ♀	Exemples
Autogamie	Stricte	Propre à la plante et faiblement dispersé	Hermaphrodite	Simultanée	Blé
	Cléistogame				Riz
Allogamie		Fécondation croisée (pollen d'une autre plante)	Unisexuée	Décalée	Maïs, kiwi



## 2.B.1 La pollinisation

- Autogamie: la fécondation de la plante est réalisée par son propre pollen. Les fleurs sont hermaphrodites (organes mâles et femelles dans la même fleur). La maturité des gamètes est simultanée



Chez les plantes autogames, la dispersion du pollen est très faible. La fécondation peut avoir lieu avant même l'ouverture de la fleur. Ces plantes sont dites cléistogames. Cependant, l'autogamie stricte étant rare, il y'a souvent un résidu d'allogamie (de l'ordre de 5% chez le blé)

## 2.B.1 La pollinisation

- Autogamie et cléistogamie: avantages adaptatifs

*La cléistogamie peut préserver l'adaptation locale à des environnements donnés au sein desquels les plantes se reproduisent avec succès et n'ont pas besoin de matériel génétique nouveau*

*Les plantes à symétrie bilatérale seraient moins attractives pour les insectes pollinisateurs: nécessité d'un autre mode de reproduction (Joly and Schoen, 2021)*



Fleurs allogammes de violette

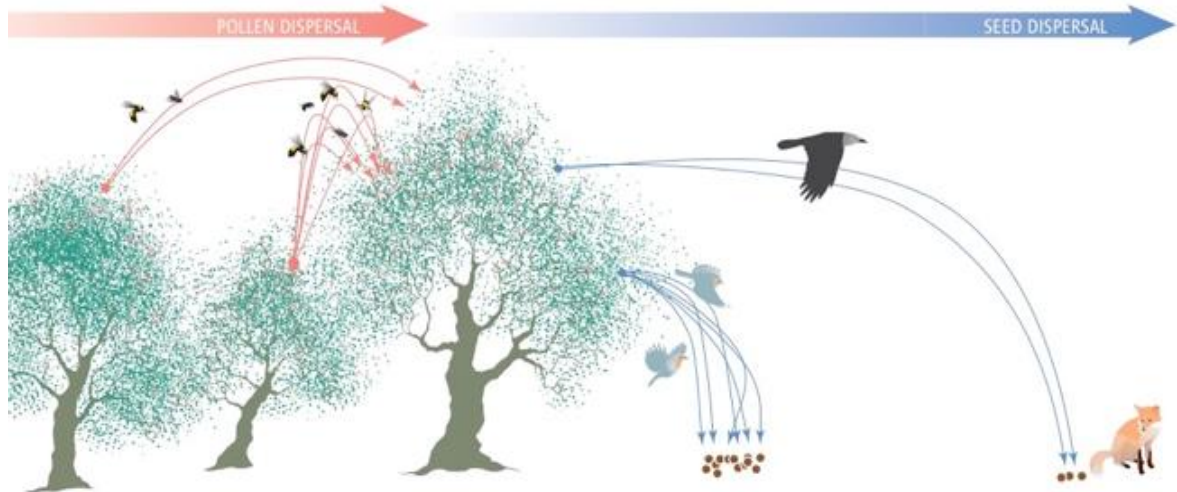
Fleurs cléistogammes de violette

Repeated evolution of a reproductive polyphenism in plants is strongly associated with bilateral flower symmetry (01/2021)

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.01.009>

## 2.B.1 La pollinisation

- **Allogamie**



La fécondation est croisée. Celle-ci est favorisée par plusieurs mécanismes, dont

- *la monoécie (deux sexes séparés sur la même plante),*
- *la dioécie (sexes séparés sur des pieds différents),*
- *autoincompatibilité et compétition pollinique favorisant le pollen étranger et nécessité d'intervention des insectes*

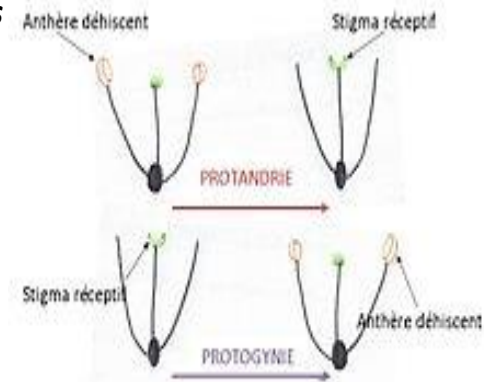
## 2.B.1 La pollinisation

- **Allogamie**

### *Flurs hermaphrodites et séparation des sexes dans le temps*

Lorsque les organes sexuels n'arrivent pas à maturité en même temps sur la même fleur, on parle de **dichogamie** (2 cas):

- Si la partie femelle de la fleur est prête avant la libération des grains de pollen, on parle de **protogynie** (ex. avocatier)
- Si la partie mâle de la fleur est mature avant la partie femelle, on parle de **protandrie** (ex. carotte)

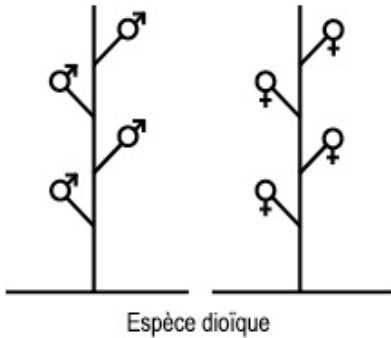


La Protogynie et la protandrie sont des mécanismes biologiques **limitant l'autofécondation** dans les plantes porteuses de fleurs hermaphrodites

## 2.B.1 La pollinisation

- **Allogamie**

### *Dioécie et séparation des sexes dans l'espace*



Les sexes sont séparés et portés par des plantes males et femelles différentes. Les plantes avec ce système reproductif sont dites plantes à allogamie obligatoire



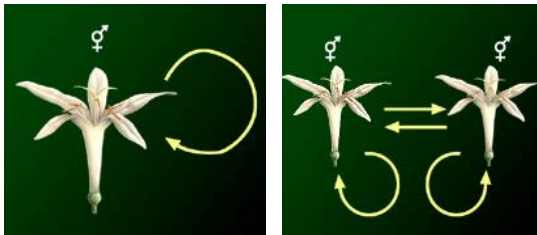
Asperge, chanvre, houblon, palmier dattier, peuplier, bananier, épinard, figuier, papayer,...

## 2.B.1 La pollinisation

- **Allogamie**

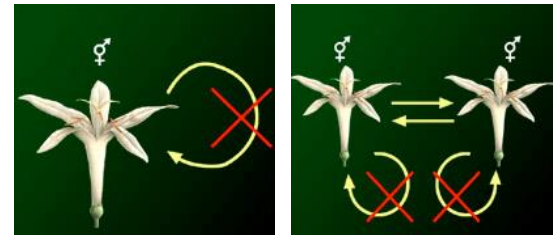
### ***Stérilité et auto-incompatibilité***

- **stérilité** : organes reproducteurs non fonctionnels : pistil ou étamine mal formés, pollen ou ovule non fonctionnels.
- **Auto-incompatibilité** : absence d'aptitude pour une plante à donner des semences (graines) lorsqu'elle est autofécondée, bien qu'elle puisse donner des semences normales par la fécondation croisée. Son pollen est actif sur une autre plante.



Les caféiers arabica:

Fleurs hermaphrodites et auto-compatibles  
sont également inter-compatibles



Les caféiers robusta:

Fleurs hermaphrodites et auto-incompatibles  
mais peuvent être inter-compatibles

## 2.B.1 La pollinisation

- La stérilité mâle

La stérilité mâle:

Incapacité des plantes à fleurs à produire du pollen fonctionnel

*Piper spp.*



Fleur mâle-fertile



Fleur mâle-sterile

La stérilité mâle est agronomiquement importantes pour la production de semences hybrides.

## 2.B.1 La pollinisation

- La stérilité mâle

2 types:

1) Stérilité mâle génique (GMS, Genic Male Sterility)

- Causée par la mutation d'un gène nucléaire
- Héritée par la descendance comme un caractère récessif

2) La stérilité mâle cytoplasmique (CMS, Cytoplasmic Male Sterility)

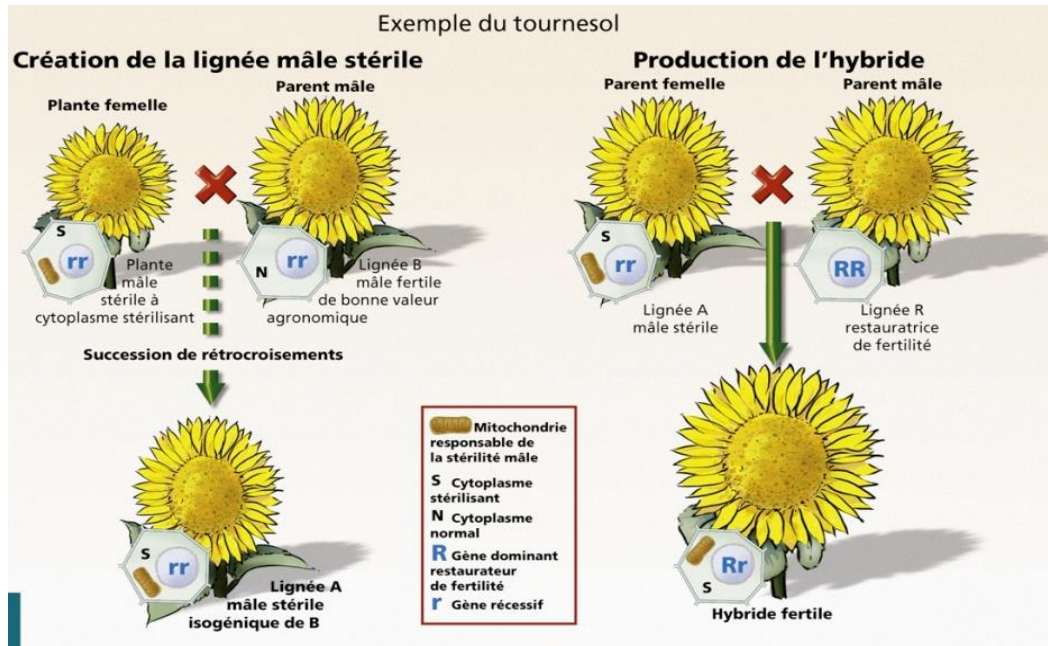
- Causée par la mutation d'un gène mitochondrial ou chloroplastique
- Héritée comme un caractère maternellement transmis



## 2.B.1 La pollinisation

- **La stérilité mâle**

Il est intéressant, en amélioration végétale, de créer des variétés de type "hybride" pour bénéficier de l'effet d'hétérosis (vigueur hybride)



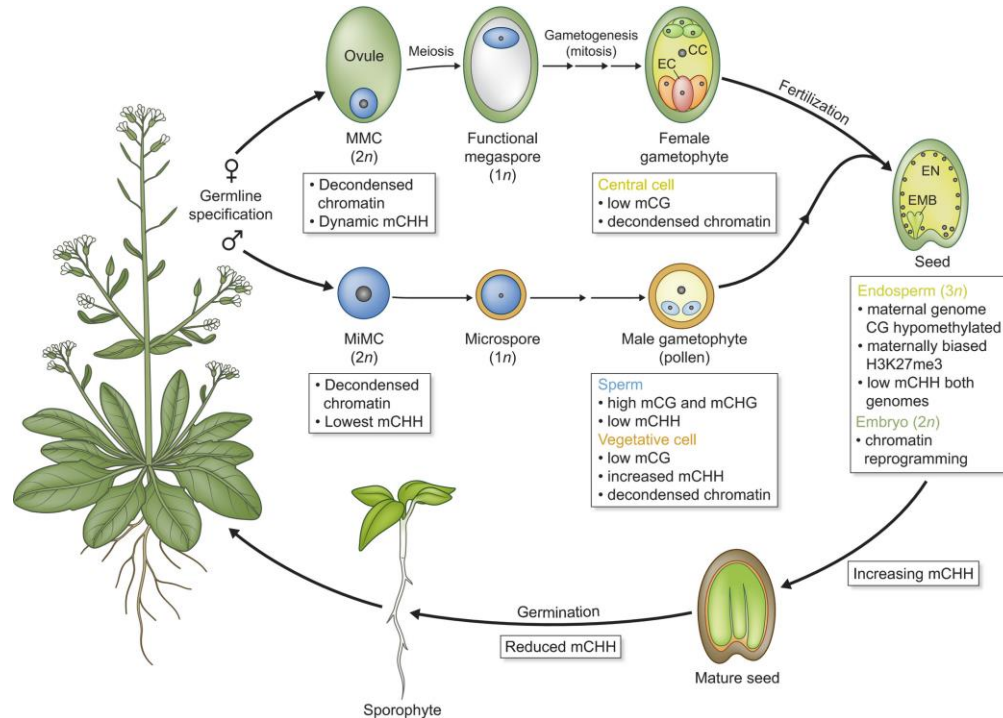


Male  
parent

F1 Hybrid

Female  
parent

## 2.B.2 Formation des gamétophytes mâles et femelles

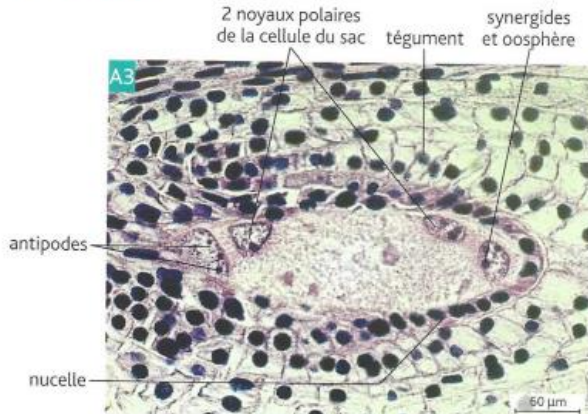


CC, central cell; EC, egg cell; EMB, embryo; EN, endosperm; mCG, CG methylation; mCHG, CHG methylation; mCHH, CHH methylation; MiMC, microspore mother cell; MMC, megaspore mother cell.

## 2.B.2 Formation des gamétophytes mâles et femelles

### c. Structure d'un sac embryonnaire de Lis

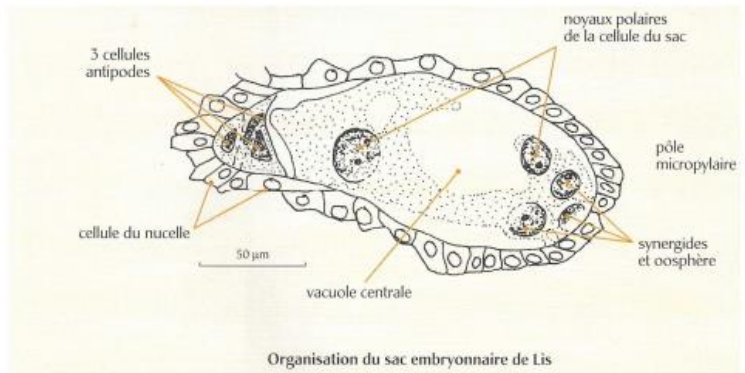
- Voir figure 22.



Sac embryonnaire de Lis (MO  $\times 1000$ ).

(Photo : J.-F. Fogelgesang)

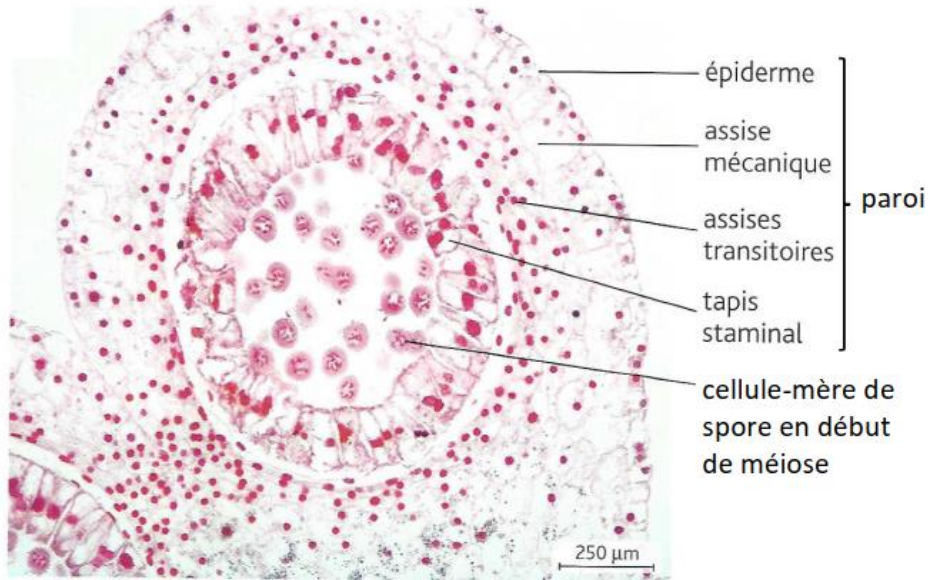
▲ FIGURE 22. Sac embryonnaire chez le Lis (MO). D'après BOUTIN *et al.* (2015).



Organisation du sac embryonnaire de Lis

◀ FIGURE 21. Formation d'un sac embryonnaire chez le Lis (MO).  
[Dessin correspondant au cliché F] D'après BOUTIN *et al.* (2010).

## 2.B.2 Formation des gamétophytes mâles et femelles



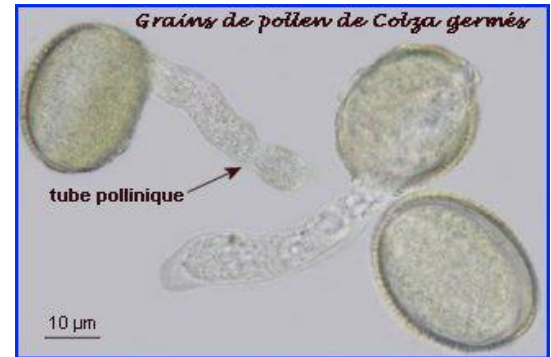
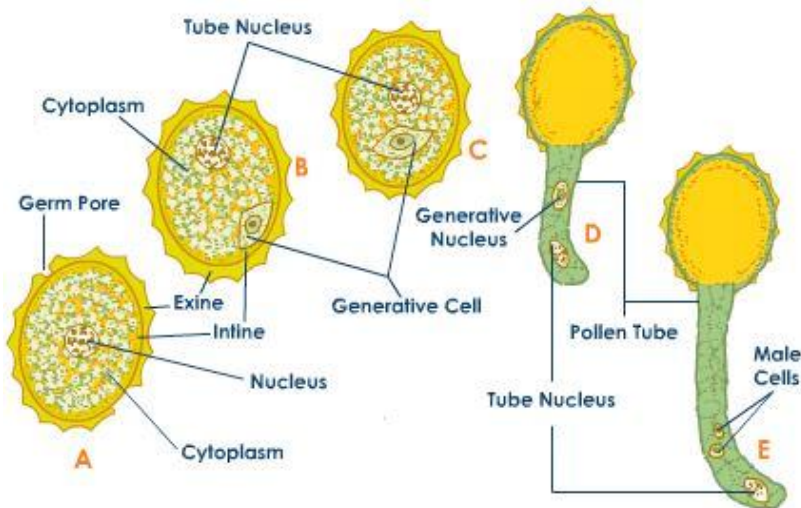
CT de détail de sac pollinique d'anthère (MO  $\times$  400).

**FIGURE 10. CT d'anthère immature de fleur de Lis (Liliacées) : gros plan sur un sac pollinique et sa paroi (MO).** D'après BOUTIN *et al.* (2015).

## 2.B.3 Fécondation

**Fécondation = pollinisation + germination**

Le grain de pollen germe sur le stigmate, il émet un tube pollinique qui pénètre dans le style puis dans l'ovaire jusqu'à l'ovule.

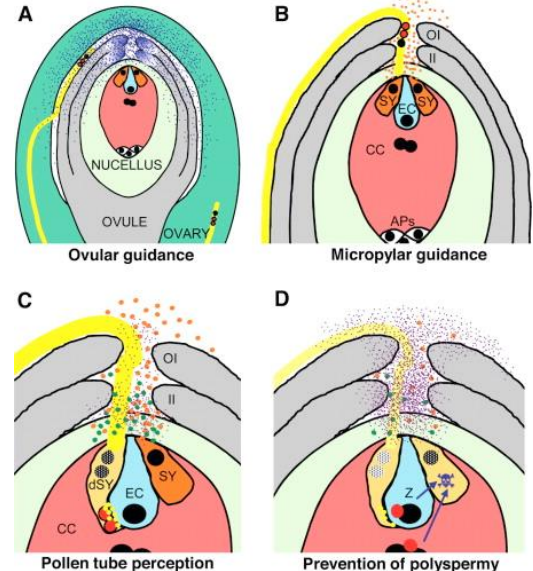
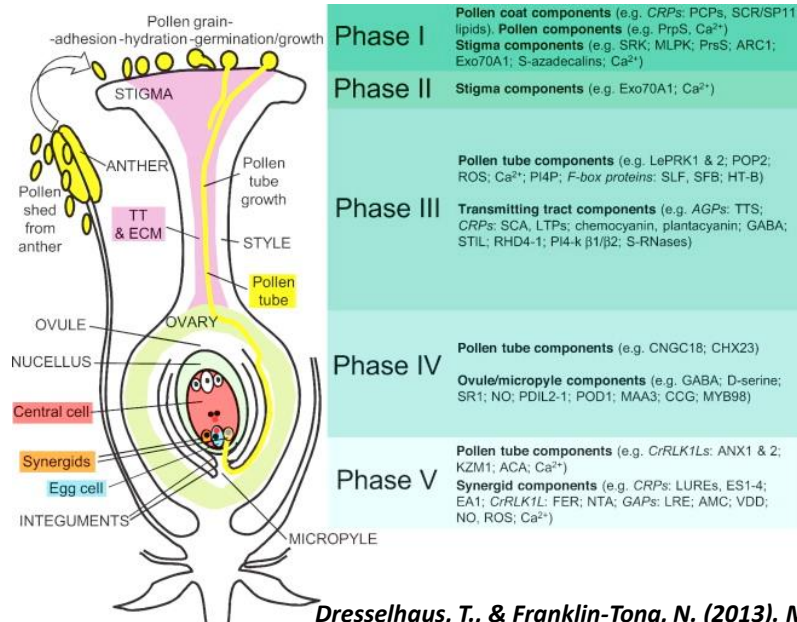


Dans le tube, deux cellules sexuelles mâles (spermatozoïdes) se différencient

## 2.B.3 Fécondation

### La fécondation

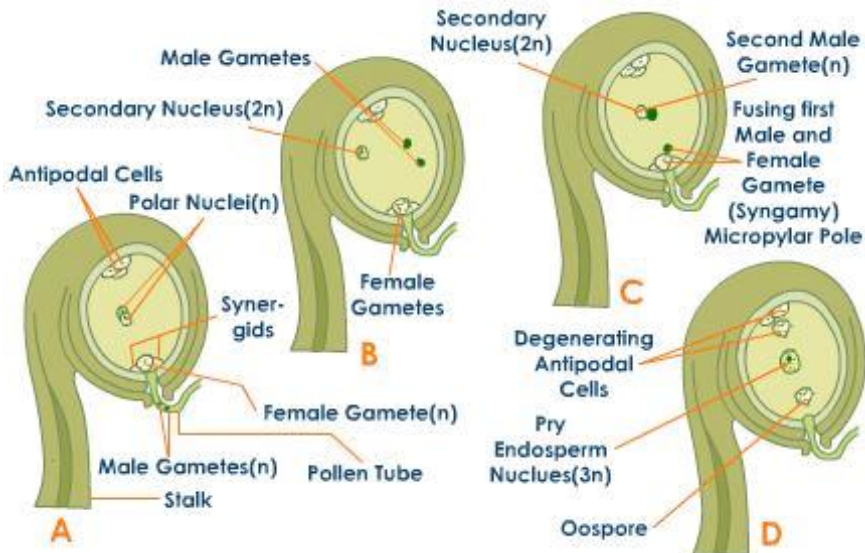
Au niveau de l'ovule : fusion d'un des deux spermatozoïdes avec la cellule femelle ou oosphère = fécondation principale => formation d'une cellule œuf qui évoluera en embryon (le zygote).



Dresselhaus, T., & Franklin-Tong, N. (2013). Male–female crosstalk during pollen germination, tube growth and guidance, and double fertilization. *Molecular Plant*

## 2.B.3 Fécondation

**Au niveau de l'ovule** : fusion d'un des deux spermatozoïdes avec la cellule femelle ou oosphère = fécondation principale => formation d'une cellule œuf qui évoluera en embryon (le zygote).

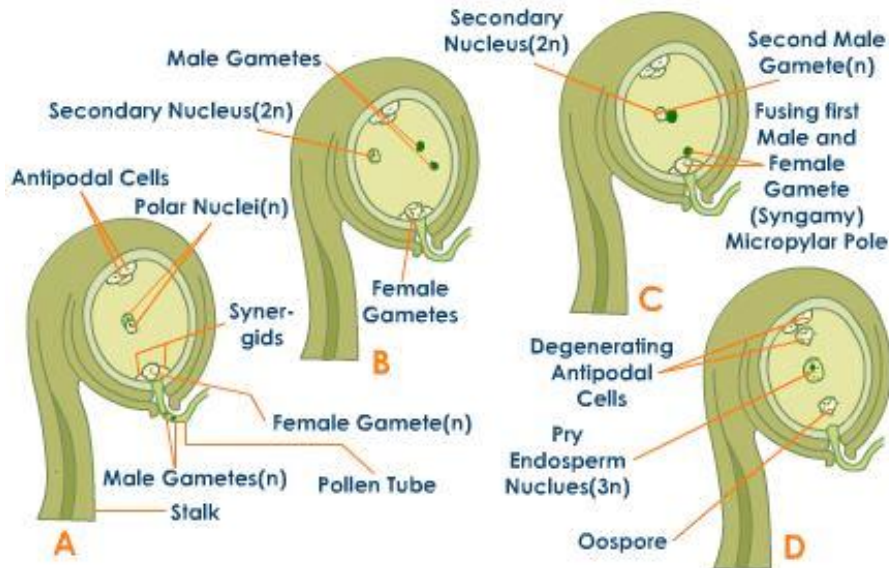




## 2.B.3 Fécondation

### Au niveau de l'ovule :

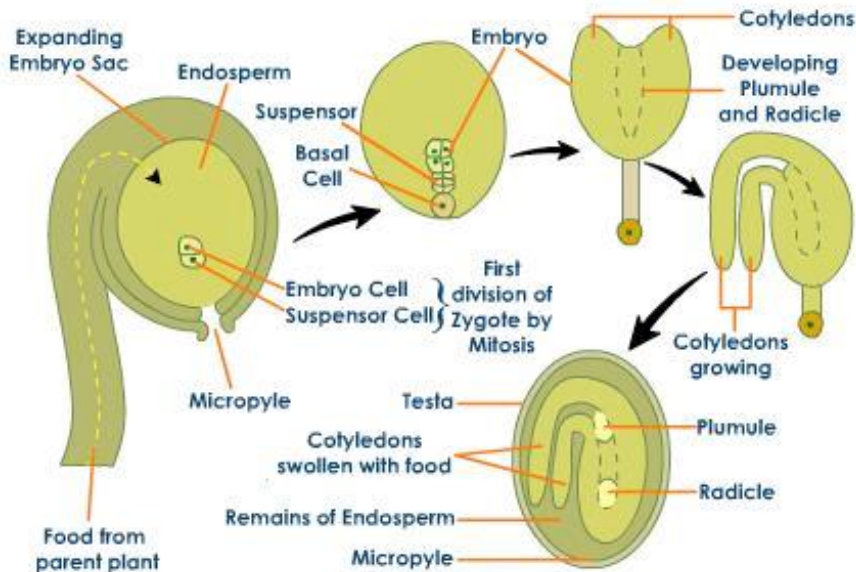
Fécondation deux autres noyaux de la cellule centrale de l'ovule par l'autre spermatozoïde => deuxième cellule œuf qui évoluera en réserve.



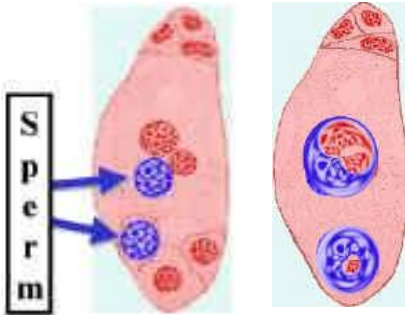
## 2.B.3 Fécondation

### Double fécondation:

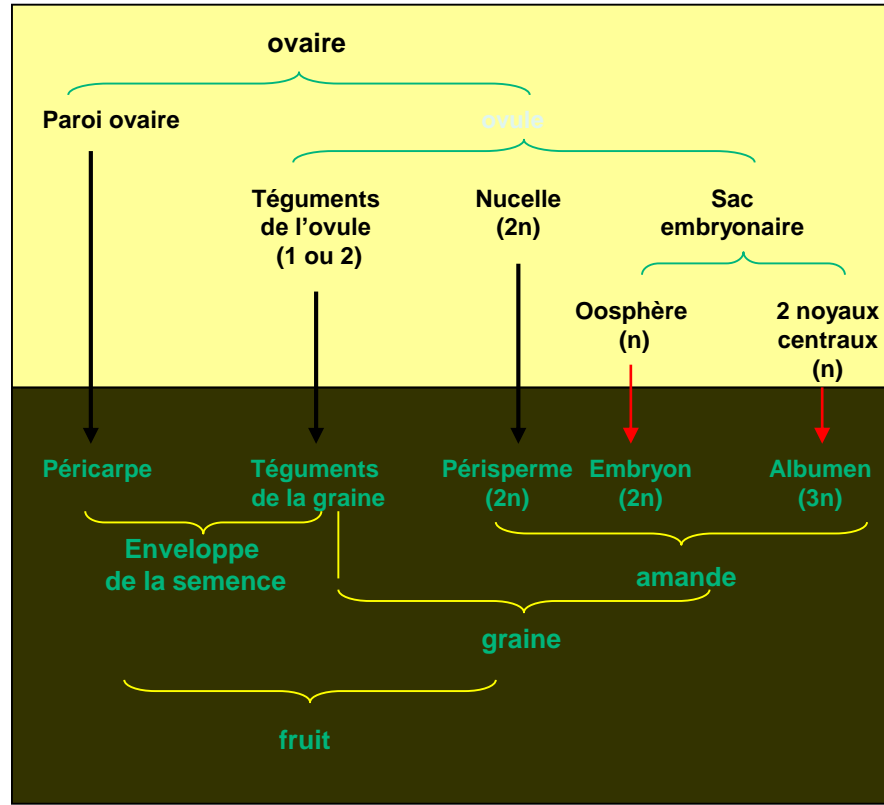
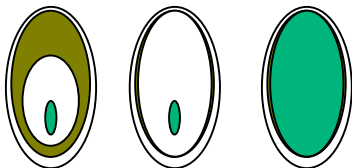
Cette double fécondation abouti à la formation d'une graine (embryon + réserves + téguments de l'ovule)



## 2.B.3 La fécondation



La graine se compose  
de l'enveloppe (m)  
De l'albumen (m+p)  
De l'embryon (m+p)



## 2.B.3 La double fécondation

- Conséquences de la double fécondation

La morphogenèse de la graine implique donc embryogenèse et le développement de l'albumen

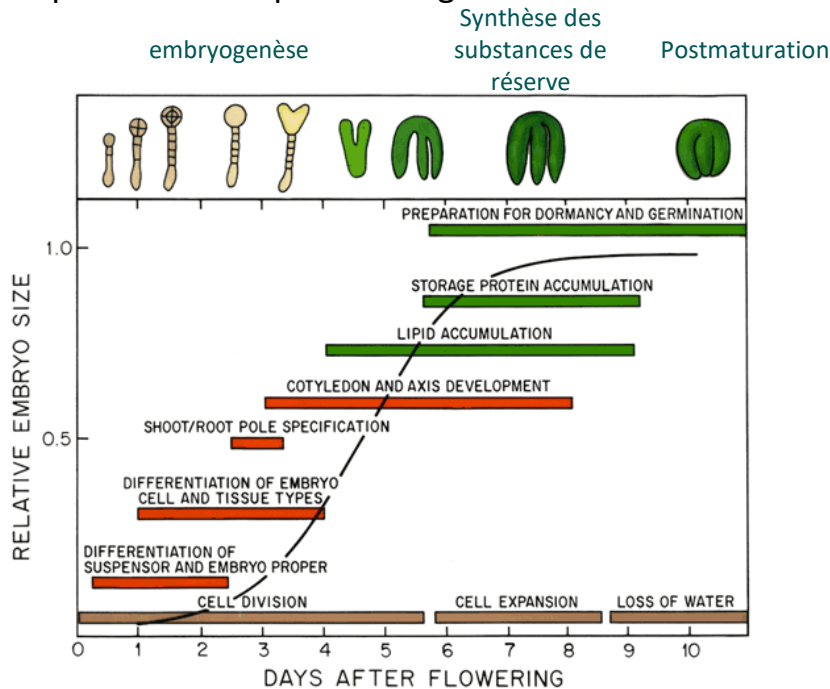
Chez les monocotylées, l'albumen va jouer un rôle prépondérant dans le développement de la graine

Chez les dicotylées, l'albumen peut être transitoire et complètement absorbé par l'embryon

Développement de la graine est influencée par les tissus maternels, l'embryon et l'albumen ayant tous des fonds génétiques différents

## 2.B.4 Développement de la graine

- Deux phases: embryogénèse et maturation
- Phase d'acquisition de la qualité des graines

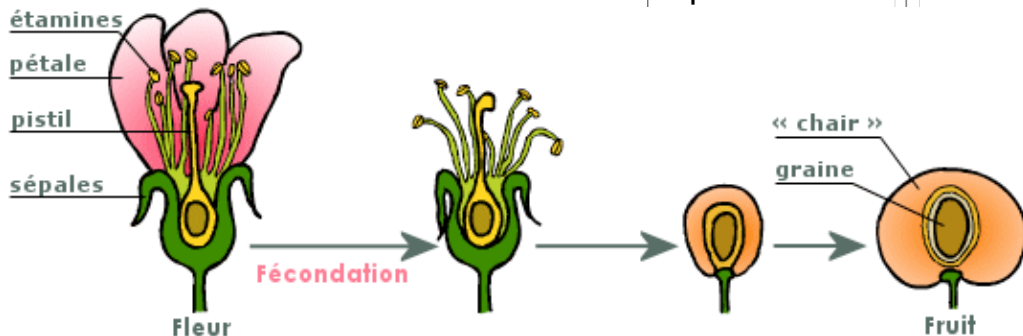
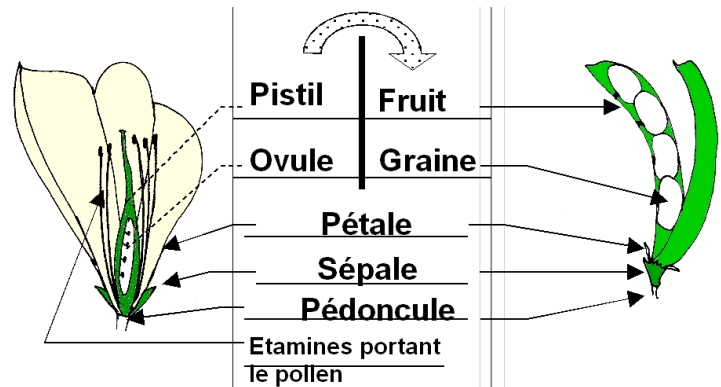


## 2. La reproduction sexuée

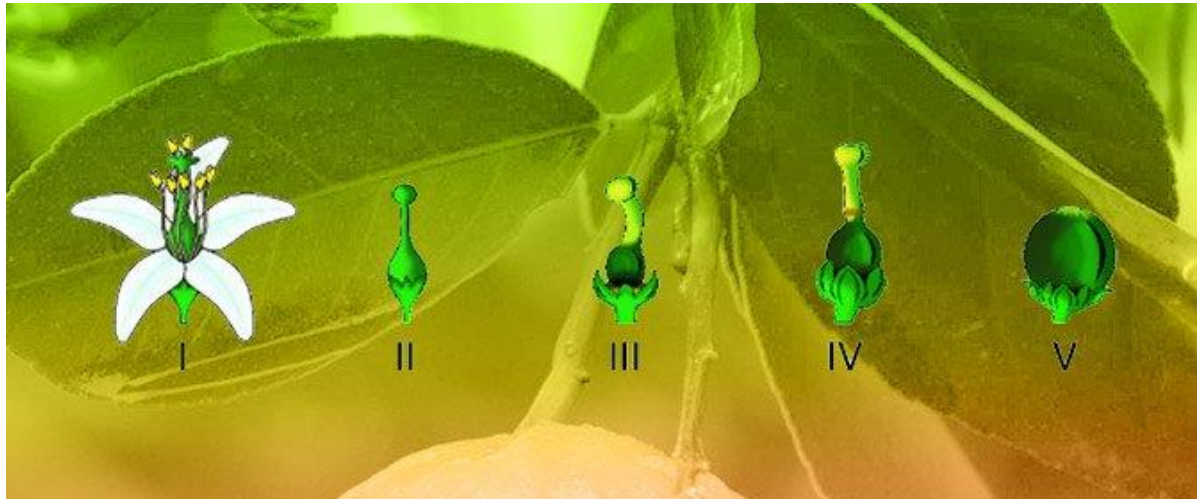
### 2.C Formation du fruit et dissémination

## 2.C.1 De la fleur au fruit

Quelques jours après la floraison, une fleur de cerisier ou de pois ou de tulipe..., se fane et se transforme en fruit qui contient une ou plusieurs graines

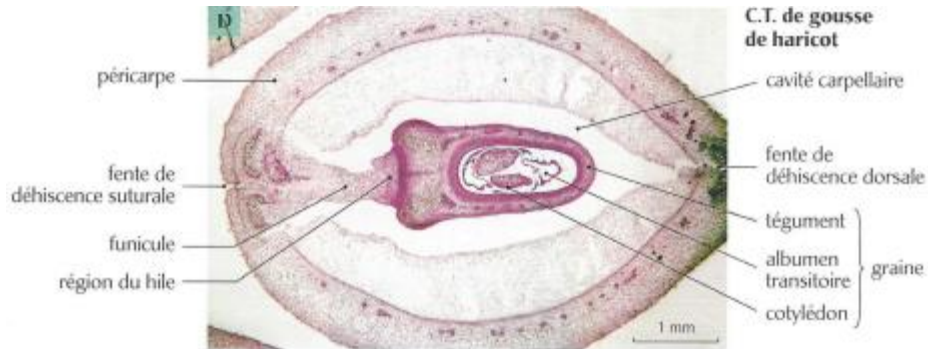


## 2.C.1 De la fleur au fruit





## 2.C.1 De la fleur au fruit

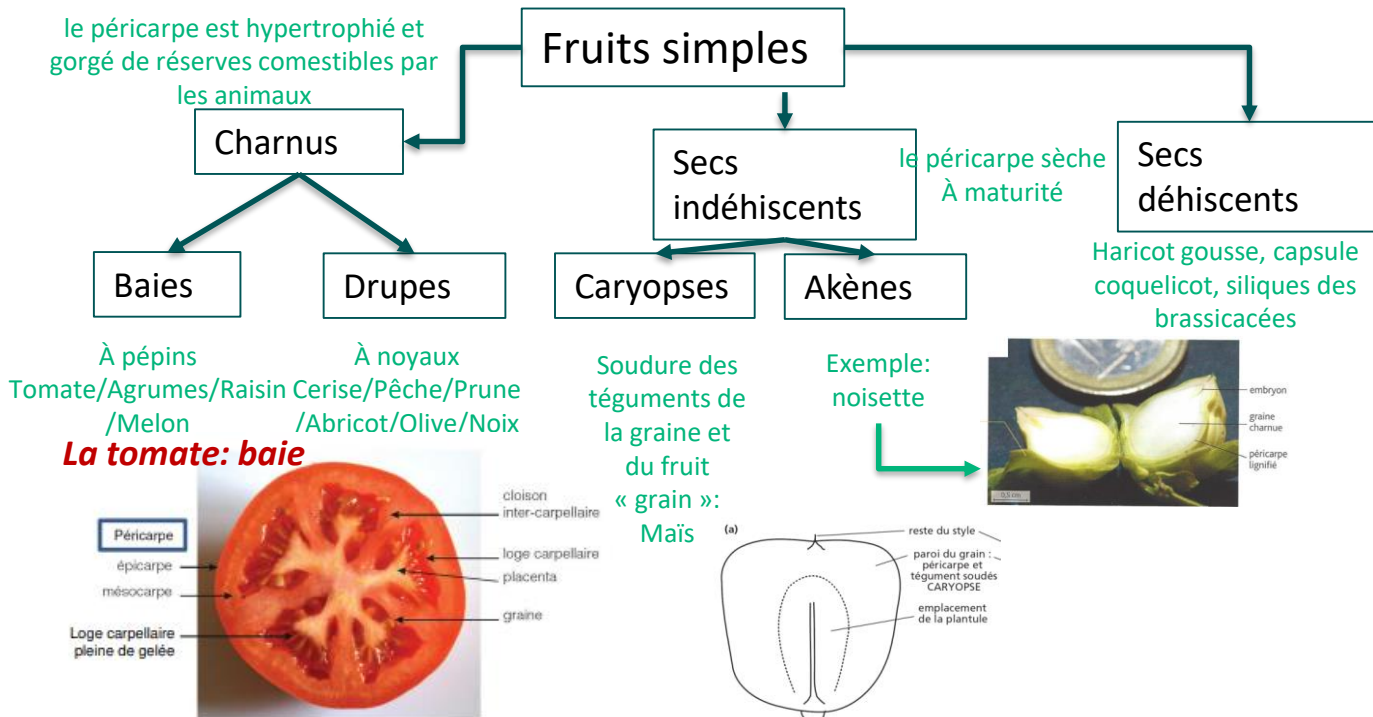


▲ FIGURE 23 1/2. De la fleur au fruit (MO). D'après BOUTIN *et al.* (2010).

## 2.C.2 Les types de fruit: les fruits simples

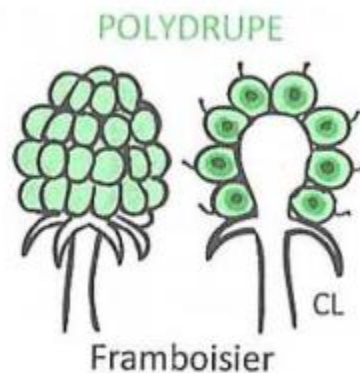
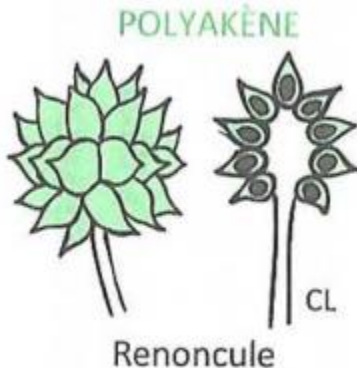
- Les **fruits simples** sont des fruits dérivant d'un ovaire syncarpe (1 carpelle ou plusieurs carpelles soudés) ; leur unicité (« fruits uniques ») permet de les détecter sans difficulté.
  - monospermes = une seule graine (= issus d'un carpelle unique avec un seul ovule)
  - polyspermes = plusieurs graines (= souvent issus de plusieurs carpelles)

## 2.C.2 Les types de fruit: les fruits simples



## 2.C.2 Les types de fruit: les fruits multiples

**Les fruits multiples** : issus de fleurs apocarpes, carpelles libres: chaque carpelle forme alors individuellement un petit fruit simple élémentaire et tous sont portés par un même réceptacle. Il existe ainsi des polydrupes (ex. Framboises, Mûres...), des polyakènes (ex. Renonculacées), des polyfollicules (ex. Badiane = Anis étoilé)...

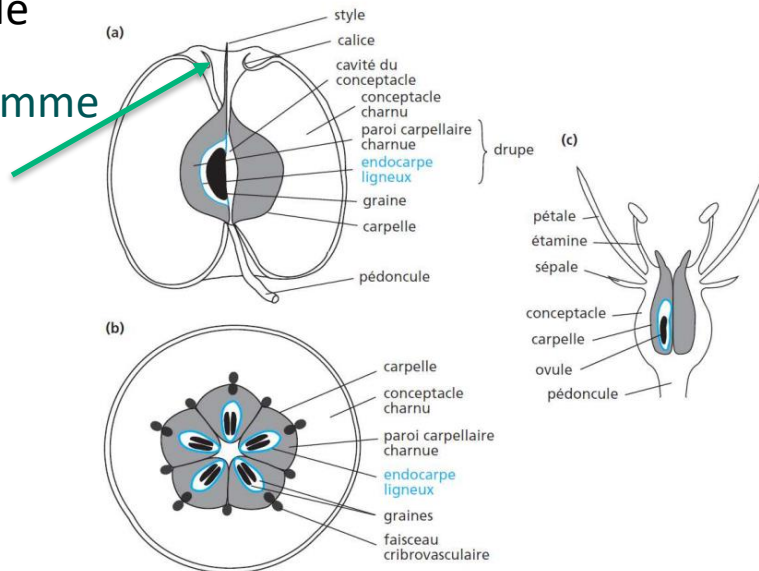


## 2.C.2 Les types de fruit: les fruits complexes

**Fruits complexes:** faux « fruits » dont des parties charnues dérivent d'autres pièces florales que l'ovaire, notamment le réceptacle

Ex: La pomme

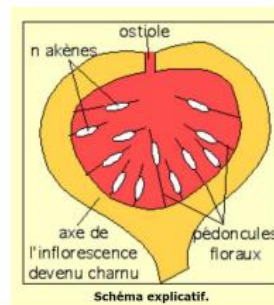
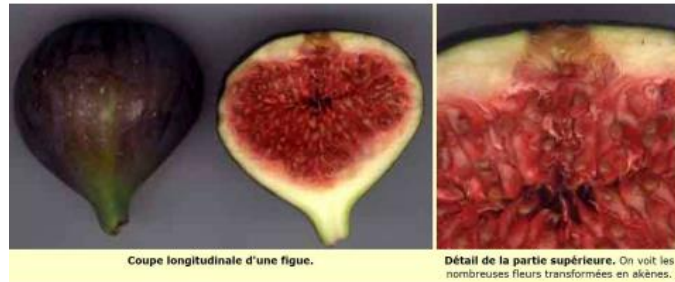
Restes de  
sépales voire  
d'étamines  
(=ovaire  
infère)



## 2.C.2 Les types de fruit: les fruits composés

- Les **fruits composés** sont des fruits charnus composés d'unités répétitives multiples provenant chacune d'une fleur. Le fruit composé global est donc issu d'une inflorescence

→ Ananas, Figue



## 2.C.3 La dissémination

### L'hydrochorie

Transport des graines par l'eau



### L'anémochorie

Transport des graines par le vent



### La zoochorie

Transport des graines par les animaux



### La Myrmécochorie

Transport des graines par les fourmis

# Merci!

## QUESTIONS?

