

# Diversité et évolution des systèmes de reproduction chez les plantes supérieures

U de Tlemcen, 22 -27 Juin 2019

# Plan du cours

- Reproduction sexuée
  - Notions de cycle de vie
  - Modes de reproduction sexuée
  - Mécanismes particuliers de l'allogamie:
    - La stérilité mâle cytoplasmique
    - L'autoincompatibilité
- Reproduction asexuée
  - Propagation végétatif
  - Apomixie

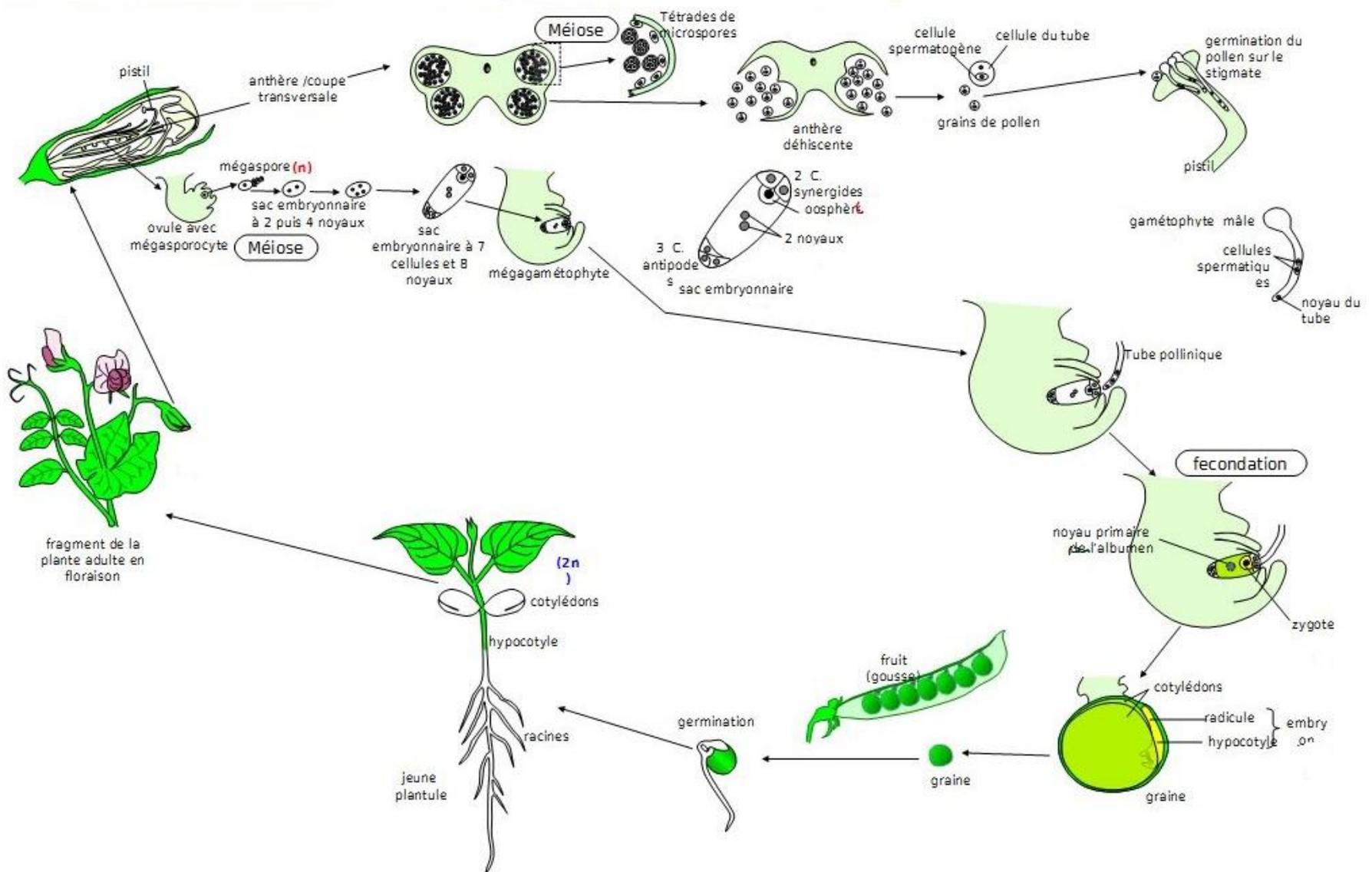
# Pourquoi ce cours?

- Le système de reproduction détermine la méthode d'amélioration
- Le système de reproduction détermine les procédures de multiplication et de maintenance des variétés développées
- Comprendre la biologie florale pour bien maîtriser les croisements artificielles

# Reproduction sexuée versus asexuée

- Deux modes de reproduction chez les plantes
  - Reproduction sexuée:
    - Union des gamètes male et femelle (fécondation)
    - Multiplication par la graine
  - Reproduction asexuée
    - Pas d'union de gamètes
    - Multiplication par les organes végétatifs ou par apomixie (graines asexuée)
- Toutes les plantes se reproduisent sexuellement
- Certaines plantes se reproduisent sexuellement et asexuellement

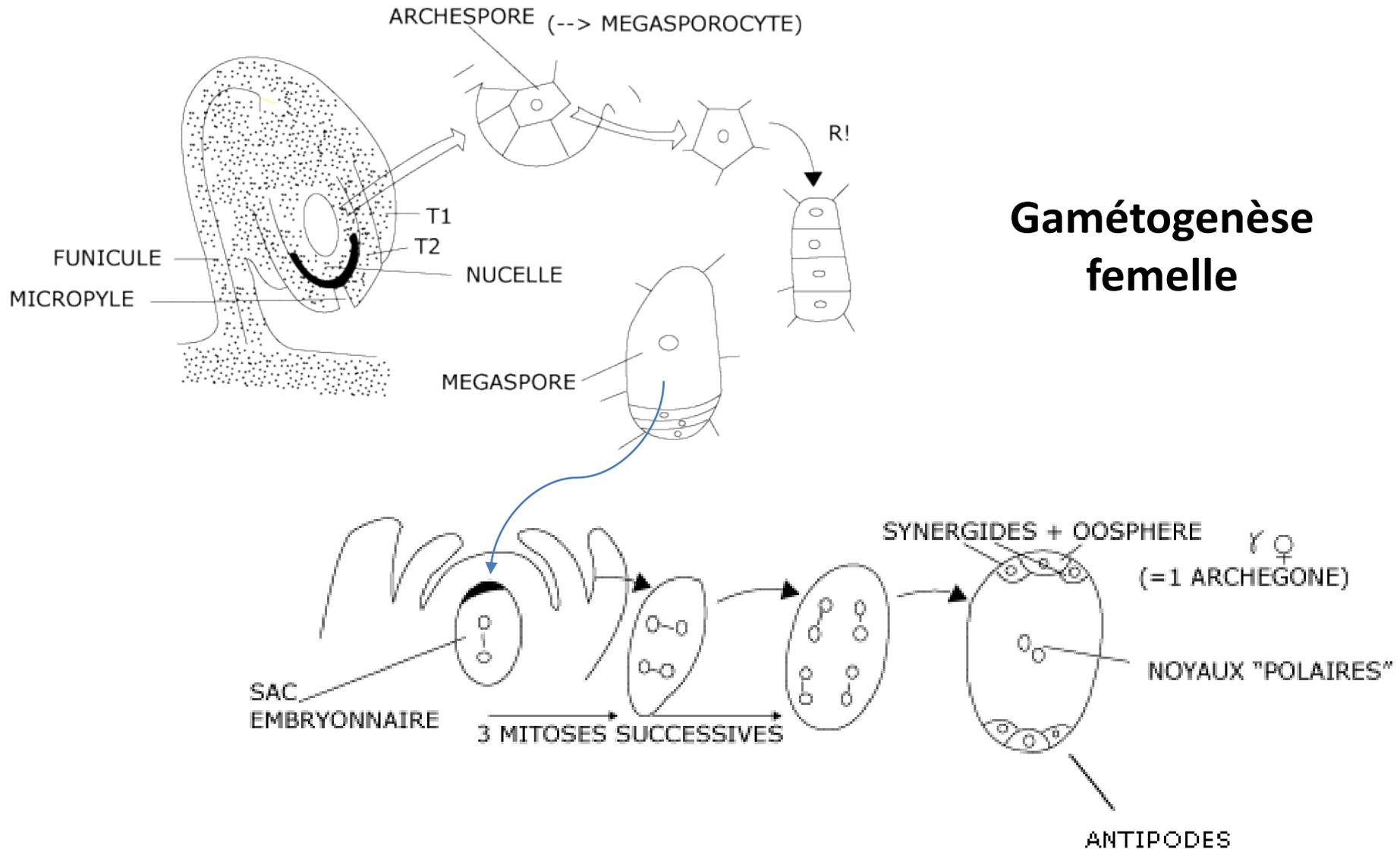
# 1.1. Reproduction sexuée



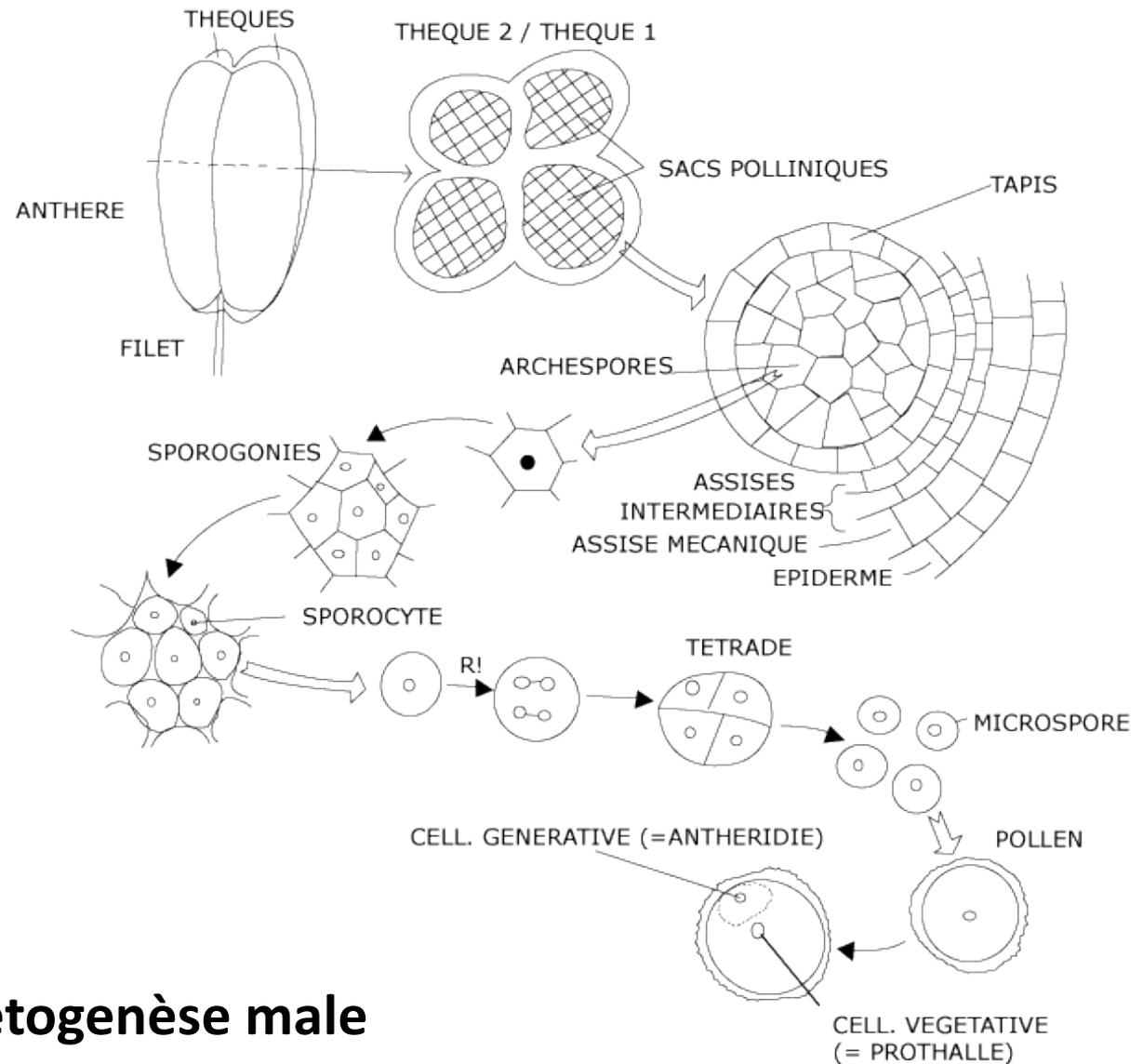
Le cycle de vie d'une plante

2 phases: végétative et reproductive  
2 processus: méiose et fécondation

# 1.1. Reproduction sexué: Gamétogenèse et double fécondation

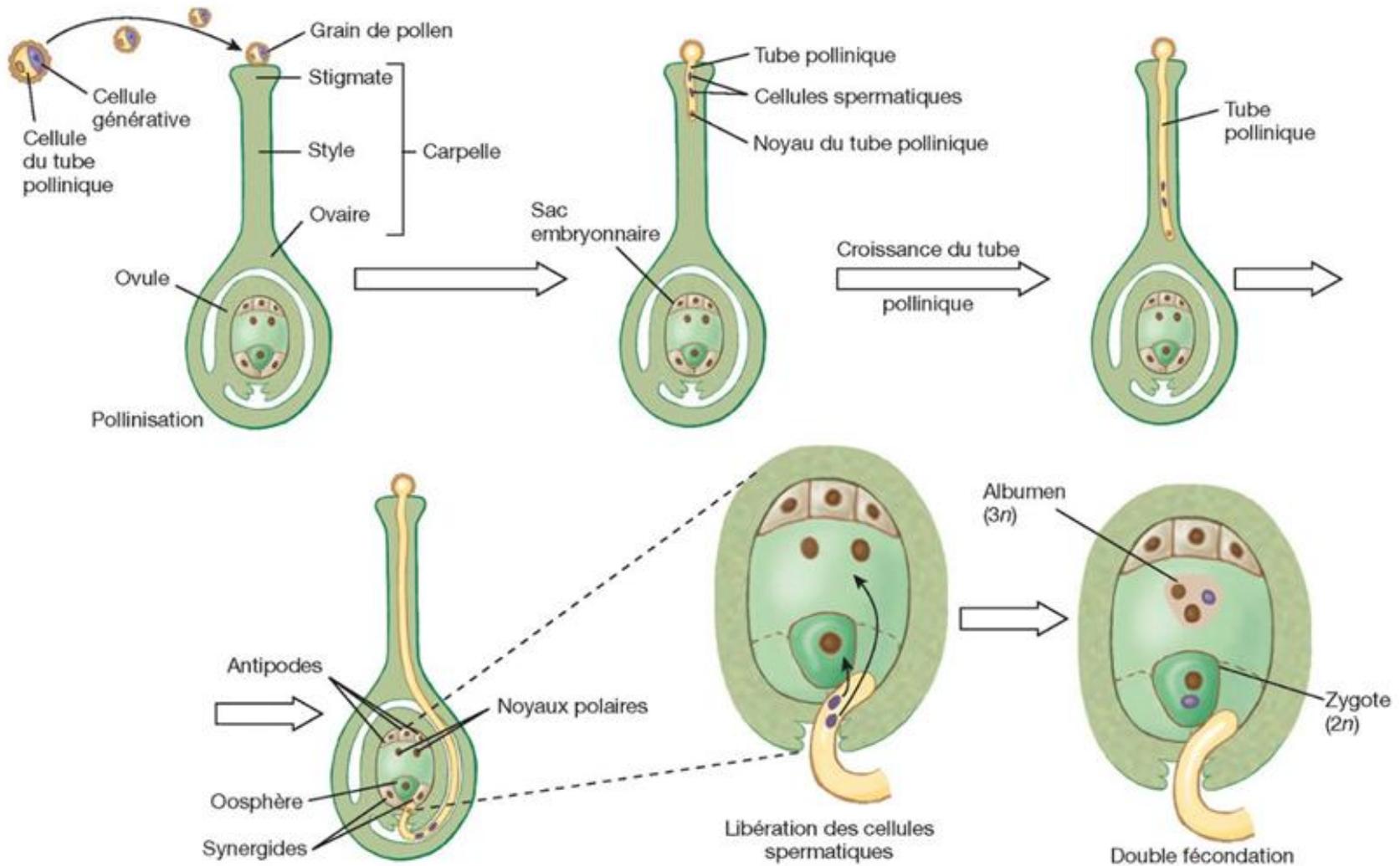


# 1.1. Reproduction sexué



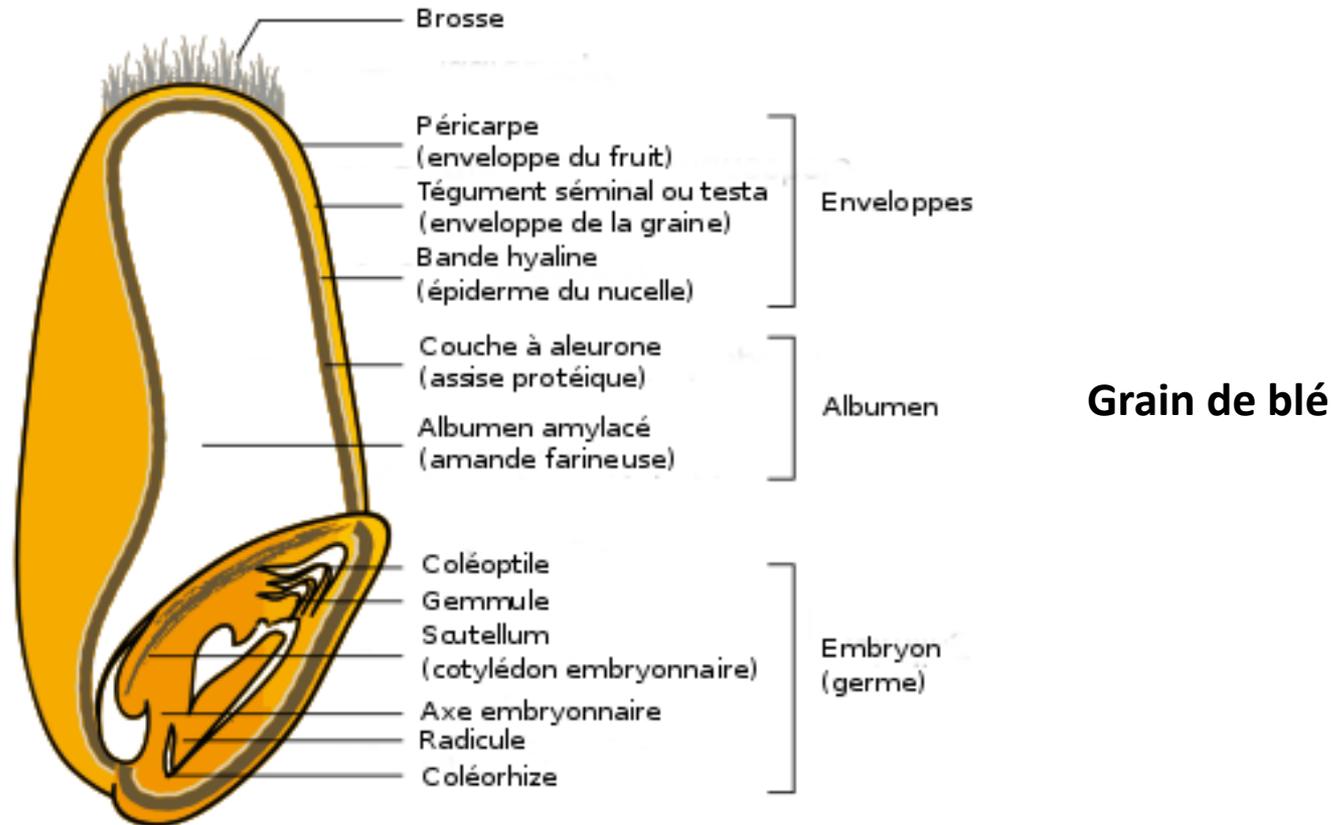
**Gamétogenèse male**

# 1.1. Reproduction sexuée



**Double fécondation**

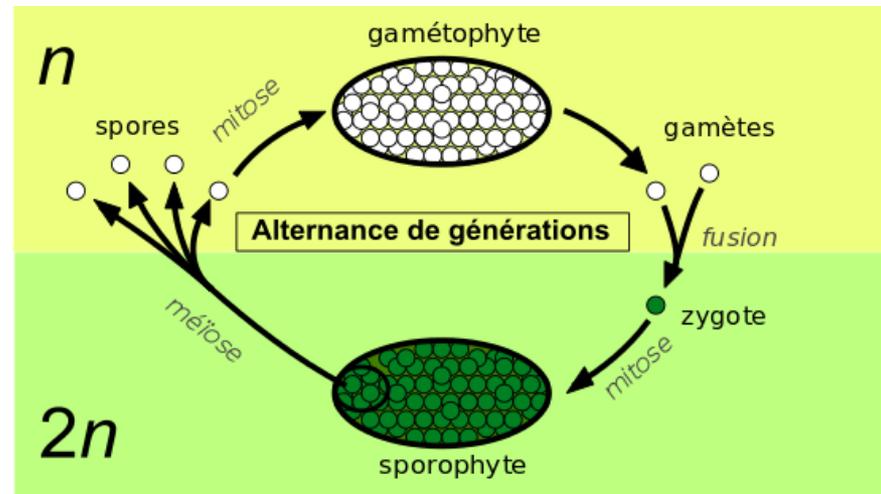
# 1.1. Reproduction sexuée



**Résultat de la double fécondation**

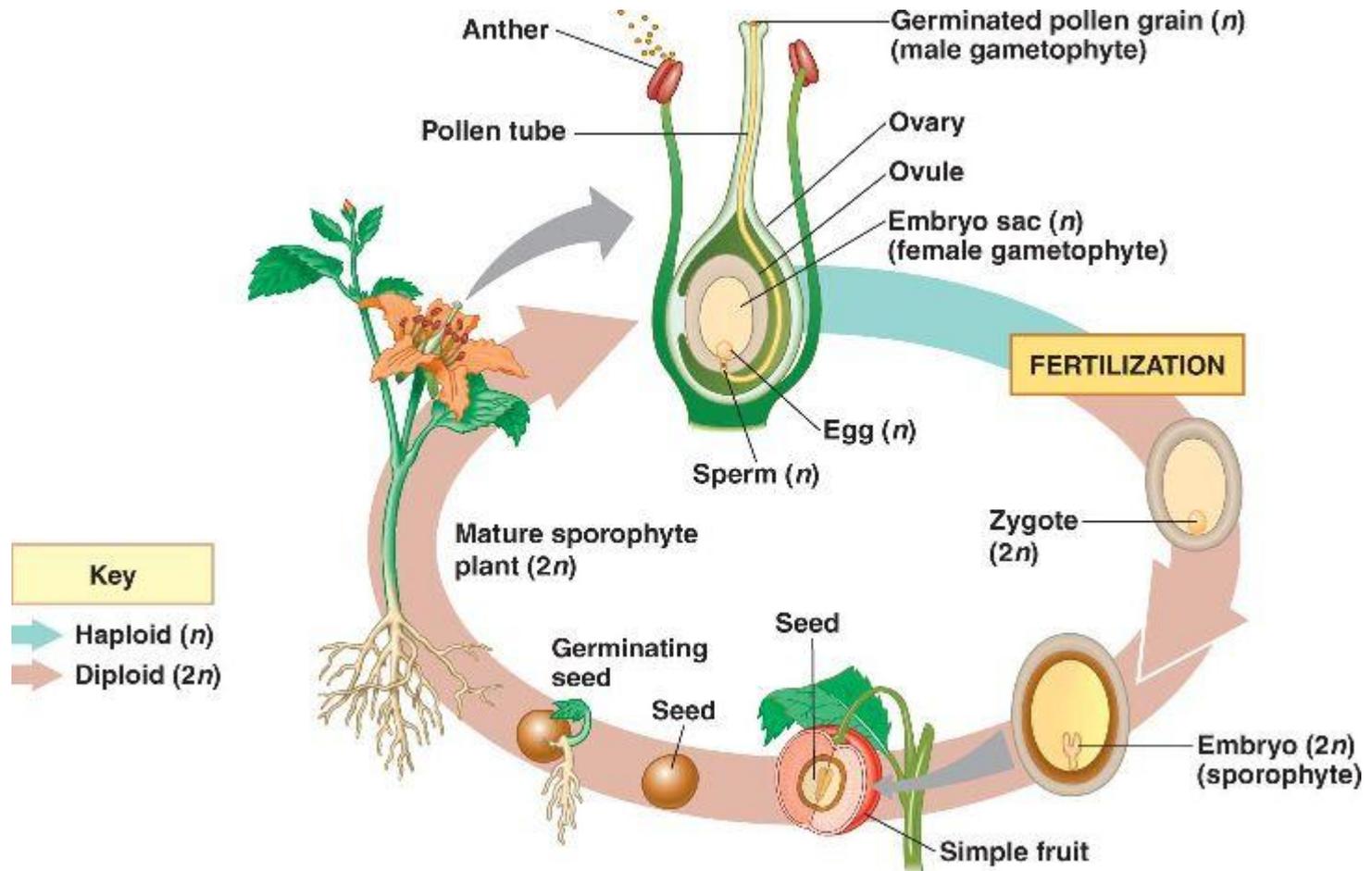
# Notions de cycle de vie

- Cycle de développement avec alternance d'une phase haploïde ou haplophase ( $n$ ) et d'une phase diploïde ou diplophase ( $2n$ )
- **Zygote** : par mitose constitue un sporophyte
- **Sporophyte** : phase diploïde pluricellulaire du cycle de vie des végétaux qui produit des spores
- **Méïospore** : par mitose constitue un gamétophyte
- **Gamétophyte** : phase haploïde pluricellulaire du cycle de vie des végétaux qui produit des gamètes

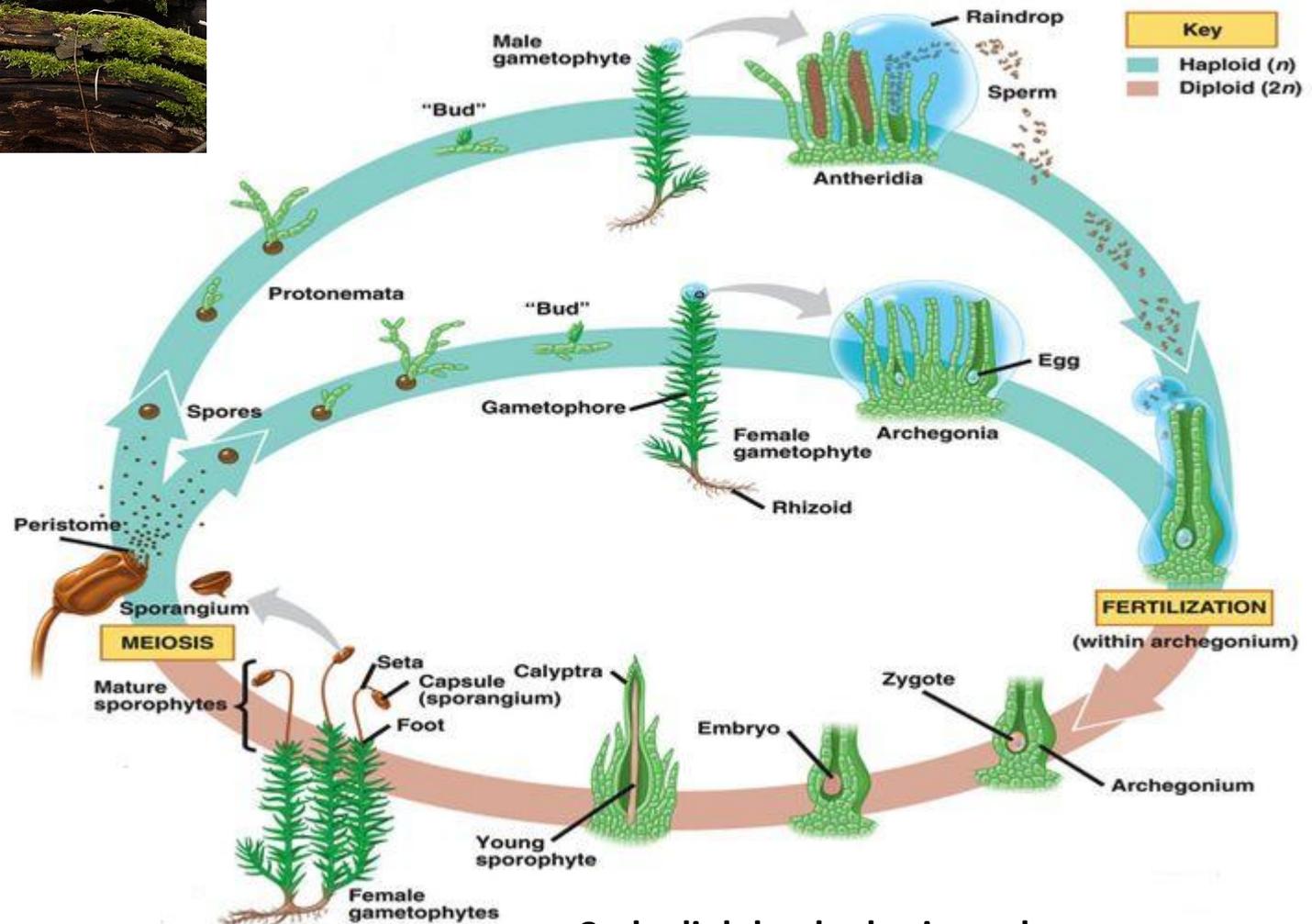


**Cycle diplohaplophasique**

# Notions de cycle de vie

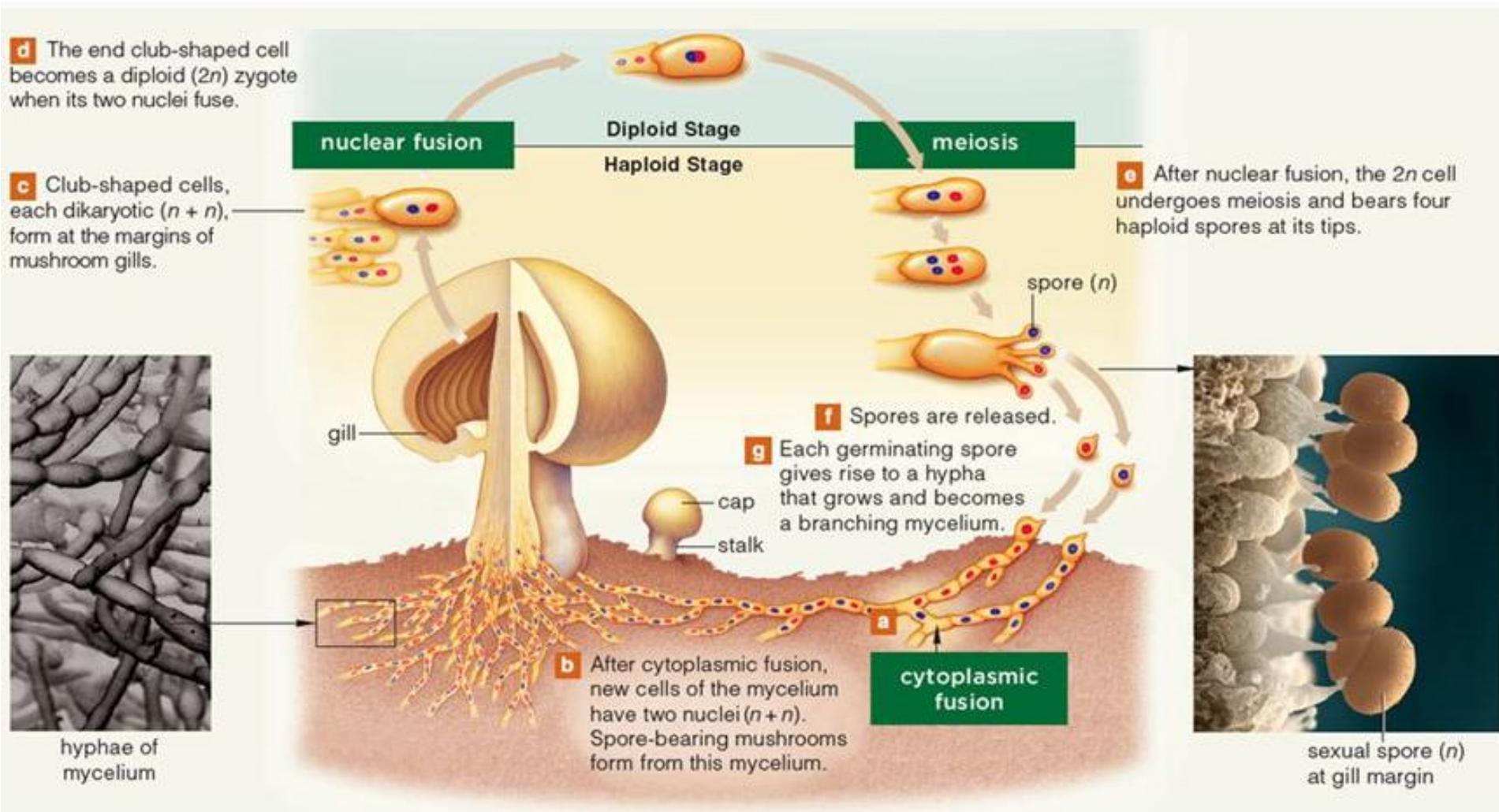


Cycle diplohaplophasique chez les plantes supérieures



Cycle diplohaplophasique chez une mousse

# Notions de cycle de vie



Cycle diplohaplophasique chez un champignon

# Notions de cycle de vie

- Cycle de vie
  - Important pour l'amélioration
  - 4 catégories
    - Annuelles
    - Bisannuelles (fenouil, navet, oignon, persil, coriandre...)
    - Pérennes
    - Monocarpes

# 1.1. Reproduction sexué

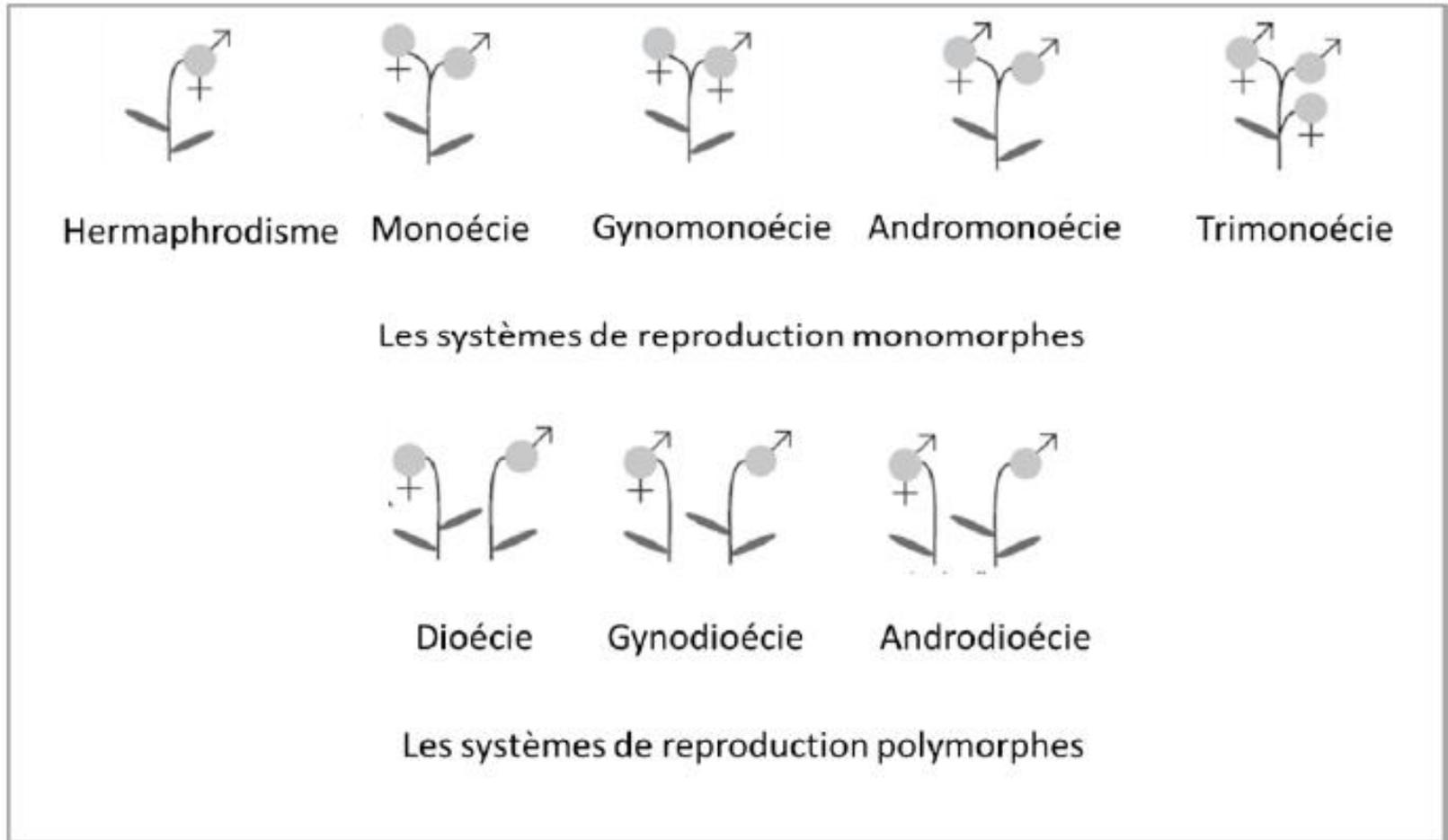


L'agave, une espèce  
monocarpe



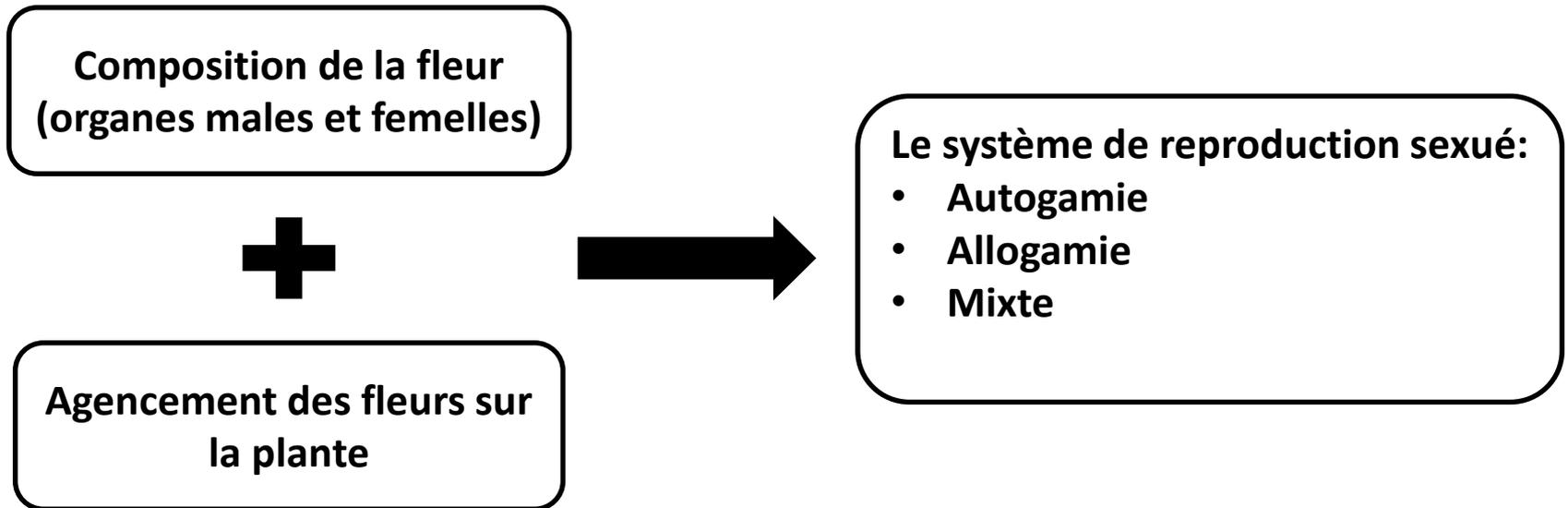


# 1.1. Reproduction sexué



Types de la fleur-systèmes de reproduction sexué

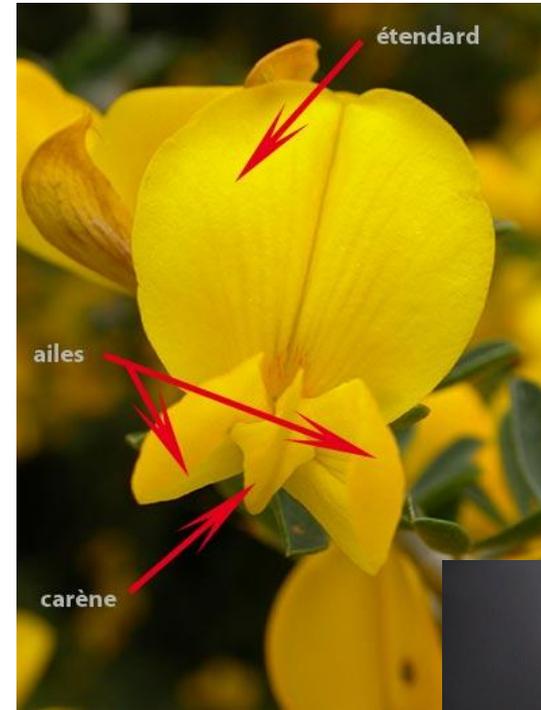
# 1.1. Reproduction sexué



# 1.1. Reproduction sexuée

## Mécanisme favorisant l'autogamie:

- Cleistogamie: autofécondation qui prend place dans une fleur fermé (ou s'ouvre après la fécondation)



Legumineuses



Graminées

# 1.1. Reproduction sexuée

## Mécanisme favorisant l'allogamie:

- Séparation dans l'espace:
  - Dio cie
  - Mono cie
- Séparation dans le temps:
  - Dichogamie
- Mécanismes particuliers:
  - **Auto-incompatibilité**
  - **Stérilité male**

Morphologie de la fleur



Le vecteur de pollen



**Entomophiles:**

- Couleurs attractives
- Odorat
- Nectar

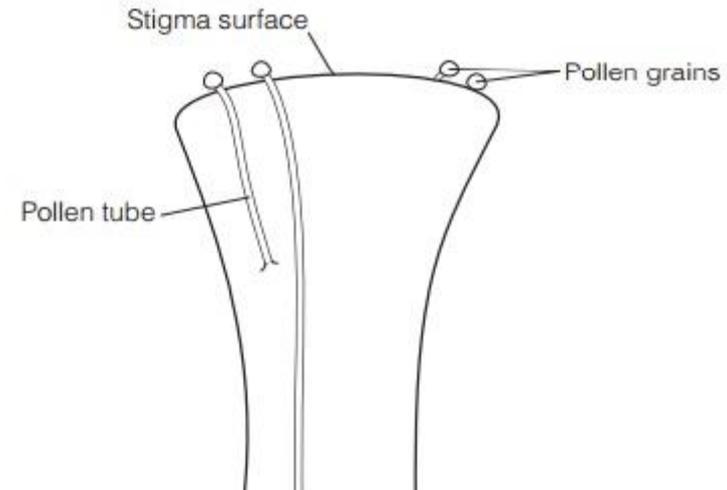


**Anémophiles:**

- Petites
- Non attractives

# Mécanismes particuliers: l'uto-incompatibilité

- **Auto-incompatibilité (Self-incompatibility (SI)):** Incapacité d'une plante hermaphrodite à produire des zygotes après autopollinisation (de Nettancourt, 2001).
- **Nature de la réaction:** la fleur rejette sa propre pollen (contrairement à l'habituel)
  - Inhibition de la germination du grain de pollen
  - Blocage de la croissance du tube pollinique
- **Contrôle génétique:** Locus S
  - Plusieurs gènes étroitement liés
  - Chez les graminées deux loci non liés



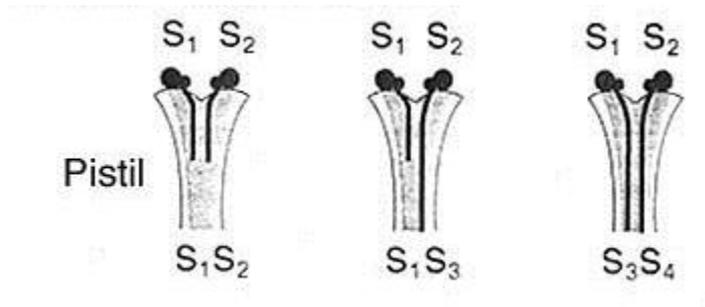
# Auto-incompatibilité

- **Classification des systèmes d'auto-incompatibilité**

- **Les critères de classification**

1. **Le déterminisme génétique de l'incompatibilité**

- **Incompatibilité gamétophytique:** L'incompatibilité d'un grain de pollen est déterminée par son génotype (le gamétophyte male)
- Les allèles S agit individuellement/pas de dominance
- La réaction apparait lorsque 2 allèles identiques dans le pollen et le style se rencontrent
- Exemple: les trèfles



# Auto-incompatibilité

- Les critères de classification

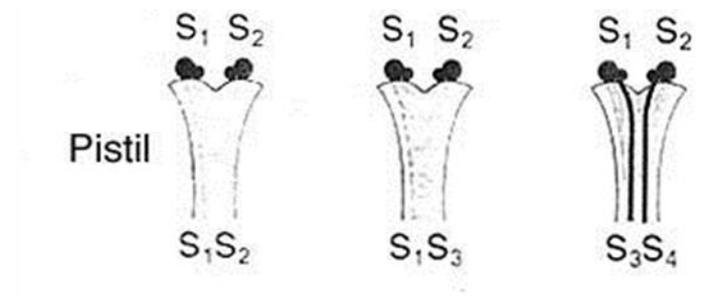
1. Le déterminisme génétique de l'incompatibilité

- **Incompatibilité sporophytique:** L'incompatibilité d'un grain de pollen est déterminée par le génotype de la plante qui le produit (le sporophyte)
- Les allèles  $S$  agissent par dominance
- Exemple: Brocoli, Radis



**Exemple:**

- $S_1$  dominant sur  $S_2$
- Un grain de pollen  $S_2$  issu d'une plante  $S_1S_2$  se comporte comme  $S_1$

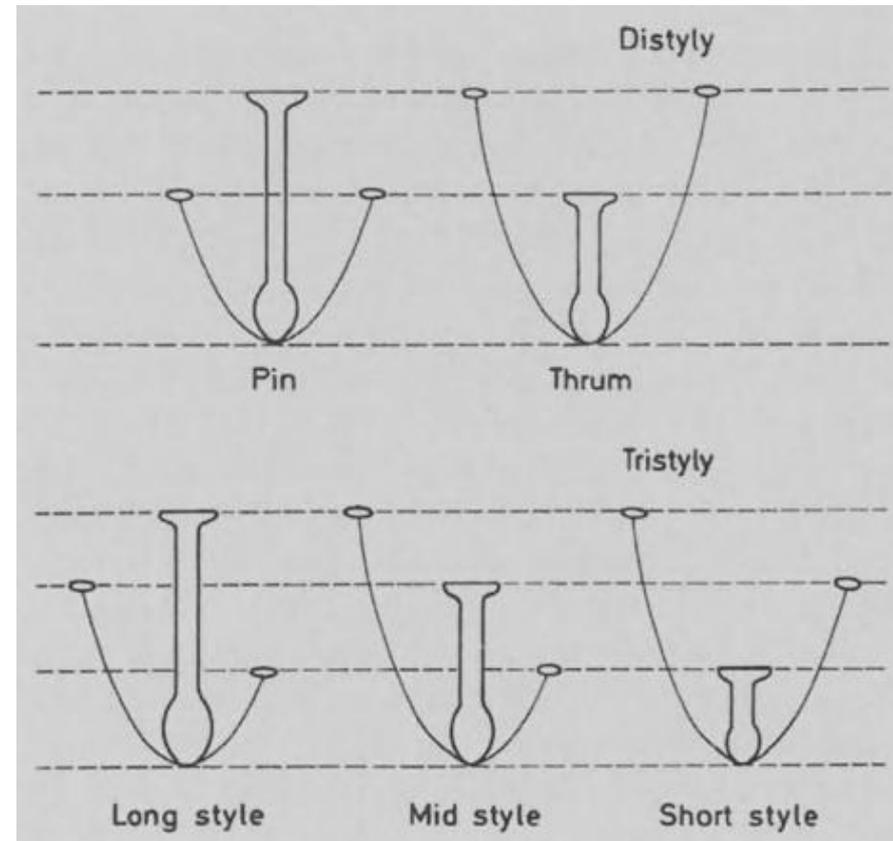


# Auto-incompatibilité

- Les critères de classification

- 2. La morphologie florale

- Homomorphic
    - Heteromorphic: contribue à l'empêchement de l'autopollinisation
      - Distylie
      - Tristylie



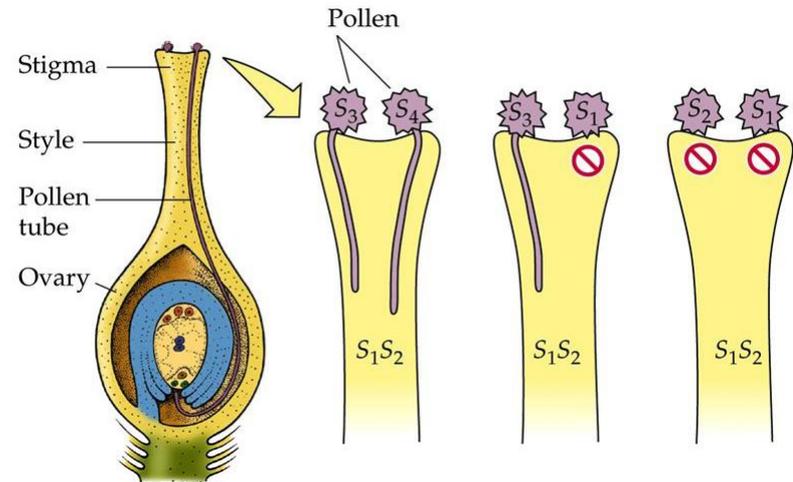
Exemple: l'oxalis

# Auto-incompatibilité

- Les critères de classification

## 3. Le site d'action de l'incompatibilité

- Stigmate (surface du stigmate sèche)
- Style (surface du stigmate humide)
- Ovaire (rare)



# Auto-incompatibilité

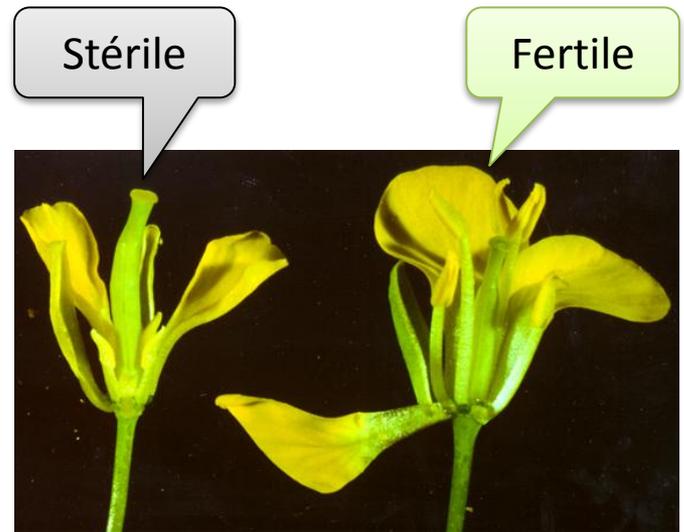
- **Classification des systèmes d'auto-incompatibilité: les combinaisons existantes dans la nature**

Déterminisme Génétique	Morphologie florale	Site d'action
Gamétophytique	Homomorphique	Style
Sporophytique	Homomorphique	Stigmate
	Hétéromorphique	Stigmate
		Style
		Ovaire

Basé sur l'étude de 1000 espèces (Heslop-Harrison and Shivanna, 1977)

# Mécanismes particuliers: La stérilité male

- **Définition:** c'est l'incapacité d'une plante à produire des anthères ou du pollen fonctionnel.
- **Manifestation:**
  - Malformation ou absence des étamines
  - Absence ou très peu de pollen
  - Anthères indéhiscents
- **Classification:**
  - Stérilité male nucléaire
  - Stérilité male cytoplasmique
  - Stérilité male cytoplasmique-nucléaire
  - Stérilité male induite (chimiquement)



Colza

# Stérilité male

- Classification: 3 types
  - **Stérilité male génétique (nucléaire)**
    - Exemples: orge, coton, soja, tomate, pomme de terre
    - Contrôle génétique:
      - Gène nucléaire
      - Souvent monogénique récessive: Stérile (*msms*), fertile (*MsMs*, *Msms*)
  - **Stérilité male cytoplasmique**
    - Exemples: colza, maïs, sorgho, betterave sucrière, carotte, lin
    - Contrôle génétique:
      - Gène mitochondriale: hérédité maternelle
      - Cytoplasme normal: N / Cytoplasme stérile: s

# Stérilité male

- Classification: 3 types
  - **Stérilité male cytoplasmique-génétique**
    - Stérilité dans le cytoplasme (CMS) + Restauration de la fertilité dans le noyau (*Rf*)
    - Le gène qui restaure la fertilité est dominant: La CMS devient inefficace lorsque le gène *Rf* est dominant

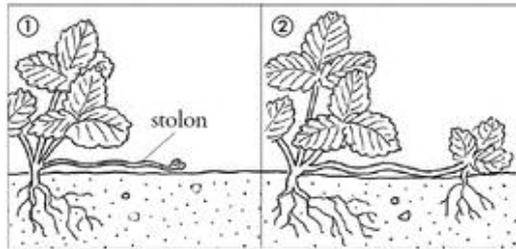
		Gene de restauration de fertilité		
		<i>RfRf</i>	<i>Rfrf</i>	<i>rfrf</i>
Cyto- plasma	<i>N</i>			
	<i>s</i>			

Déterminer le phénotype de la plante

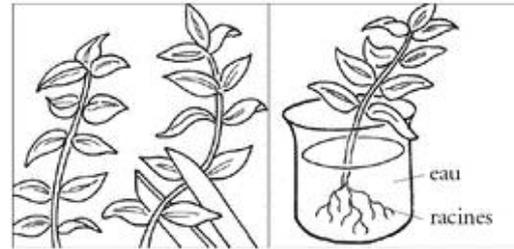
# Reproduction asexuée

- Reproduction asexuée = clonage
  - Clonage = reproduction à l'identiques d'un organisme vivant
  - Descendants (clones) génétiquement identiques aux parents et entre eux (sauf mutations)
- Deux types de reproduction asexuée:
  - Propagation végétatif (par les organes végétatifs)
  - Apomixie: la capacité de développer une graine sans fécondation

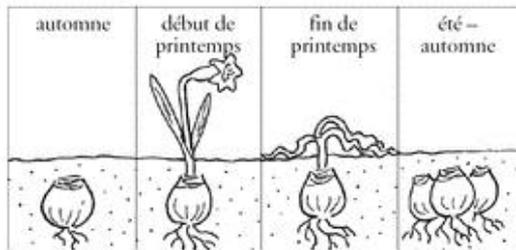
# Reproduction asexuée: Par les organes végétatifs



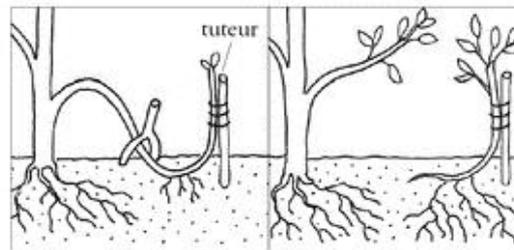
Ⓐ Reproduction par tige rampante



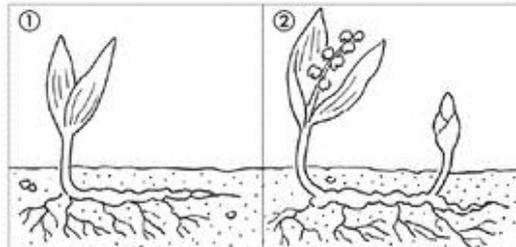
Ⓑ Reproduction par bouturage



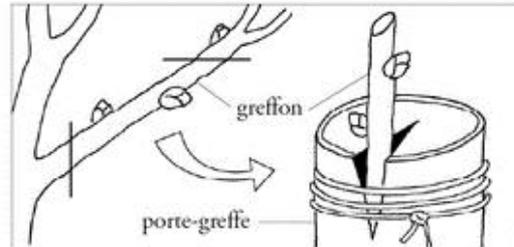
Ⓒ Reproduction par bulbe



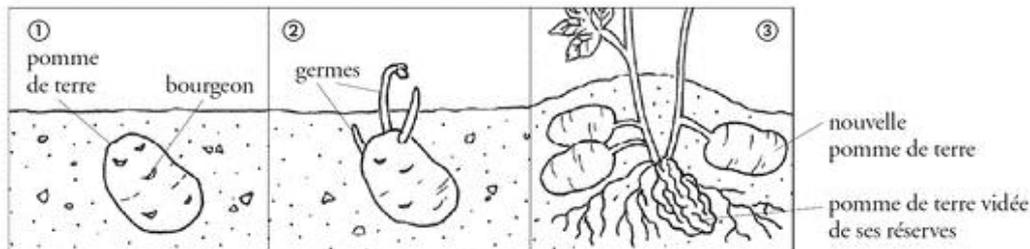
Ⓓ Reproduction par marcottage



Ⓔ Reproduction par rhizome



Ⓕ Reproduction par greffage



Ⓖ Reproduction par tubercule

# Reproduction par tige rampante



# Reproduction par bouturage

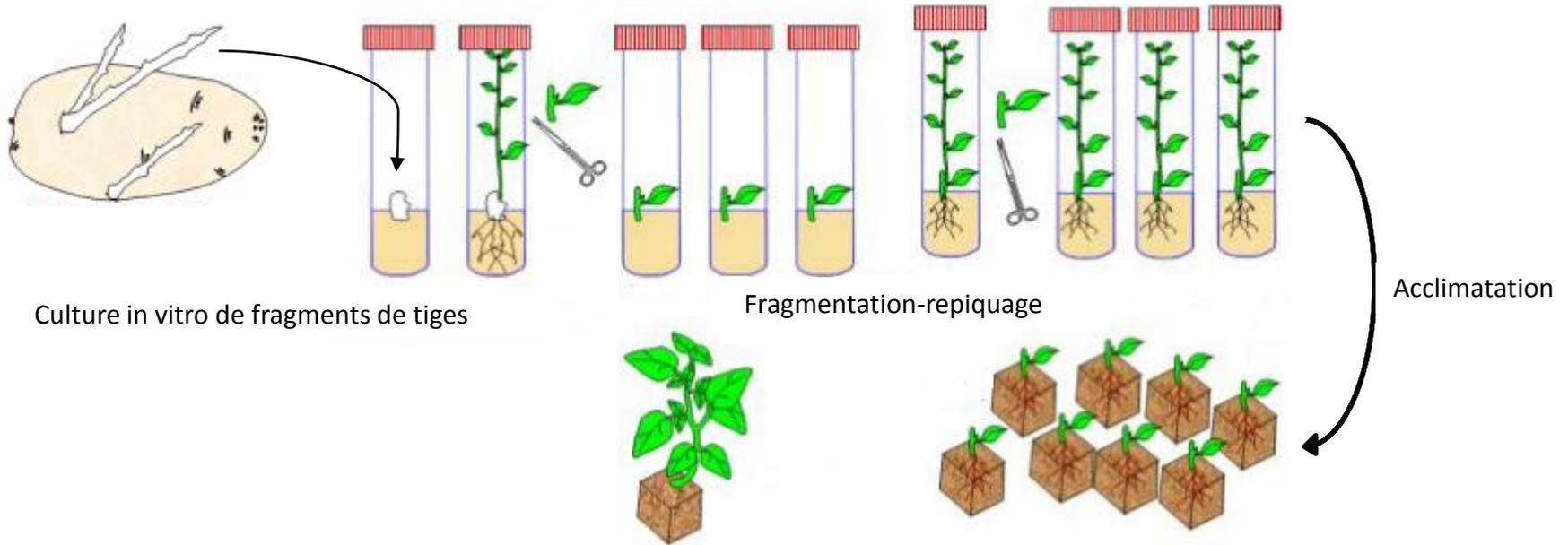
**Le romarin**  
(ornementale)



**La vigne**  
(fruitière)

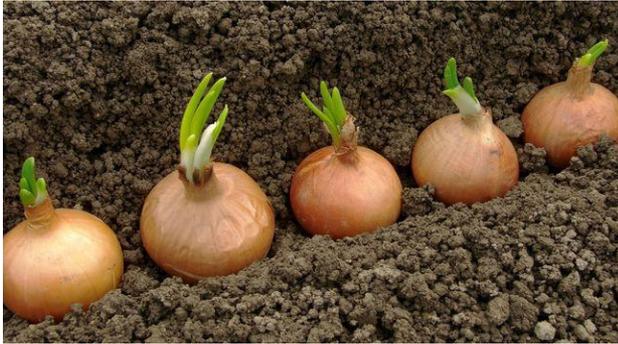


# Reproduction par bouturage



**La micropropagation = bouturage in vitro**

# Reproduction par bulbes



L'oignon



Les tulipes



# Reproduction par greffage



Greffe en écusson



Greffe en couronne



Greffe en fente

# Reproduction par tubercule



**La pomme de terre**

# Reproduction asexué: Apomixie

- **Apomixie:** du grec *apo* = à l'écart et *gamos* = union
- Découvert pour la première fois en 1719 chez les *Citrus* (Leuwen Hock)
- Apomixie: le fruit d'un dysfonctionnement de la reproduction sexuée
- Les graines développées par apomixie sont des clones de la plante mère
- Apomixie: la production de graines par la voie asexuée
- Pas assez fréquent dans la nature

# Reproduction asexué: Apomixie

- Les différents types d'apomixie
  - 1. Apomixie gamétophytique:** Cellules non fécondées donnent naissance au mégagamétophyte (sac embryonnaire)
    - 1.1. Diplosporie:** La cellule mère du mégaspore donne naissance à un sac embryonnaire avec un ovule diploïde.

## Diplosporie chez le genre *Allium*



**Ail:** *Allium sativum*

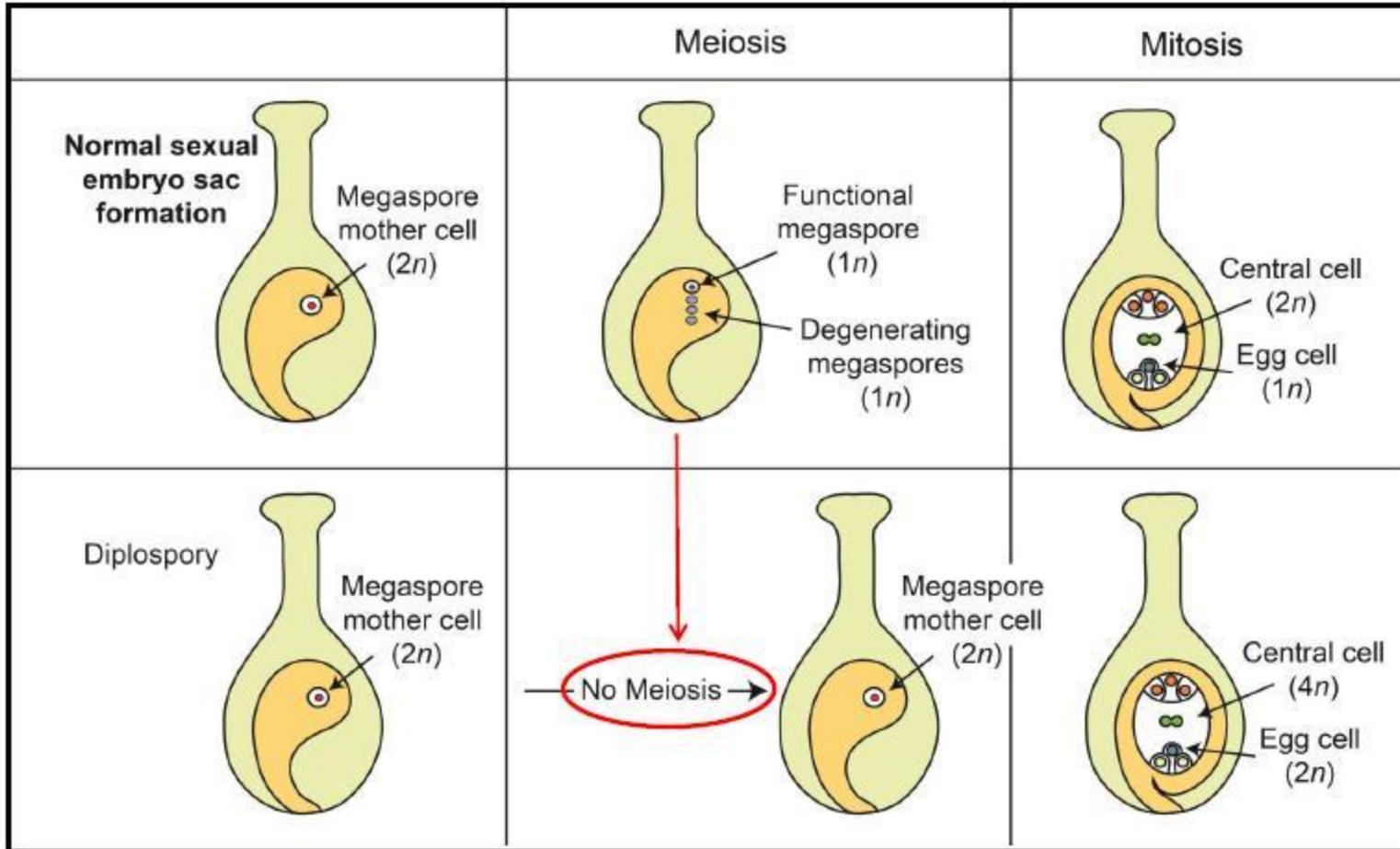


**Oignon:** *Allium cepa*



**Poireau:** *Allium ampeloprasum*

# Reproduction asexué: Apomixie



Diplosporie

# Reproduction asexué: Apomixie

- Les différents types d'apomixie
  1. **Apomixie gamétophytique:**
    - 1.2. **Aposporie:** Le sac embryonnaire prend naissance sur n'importe quelle cellule diploïde à l'exception de la cellule mère du mégaspore par mitose ou méiose interrompue.
      - 1.3. **androgenèse:** Le sac embryonnaire est issue de la fusion des deux noyaux génératives du tube pollinique

## Aposporie chez le genre *Beta*



**Blette:** *Beta vulgaris* var. *cicla*



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



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

# Reproduction asexué: Apomixie

- Les différents types d 'apomixie

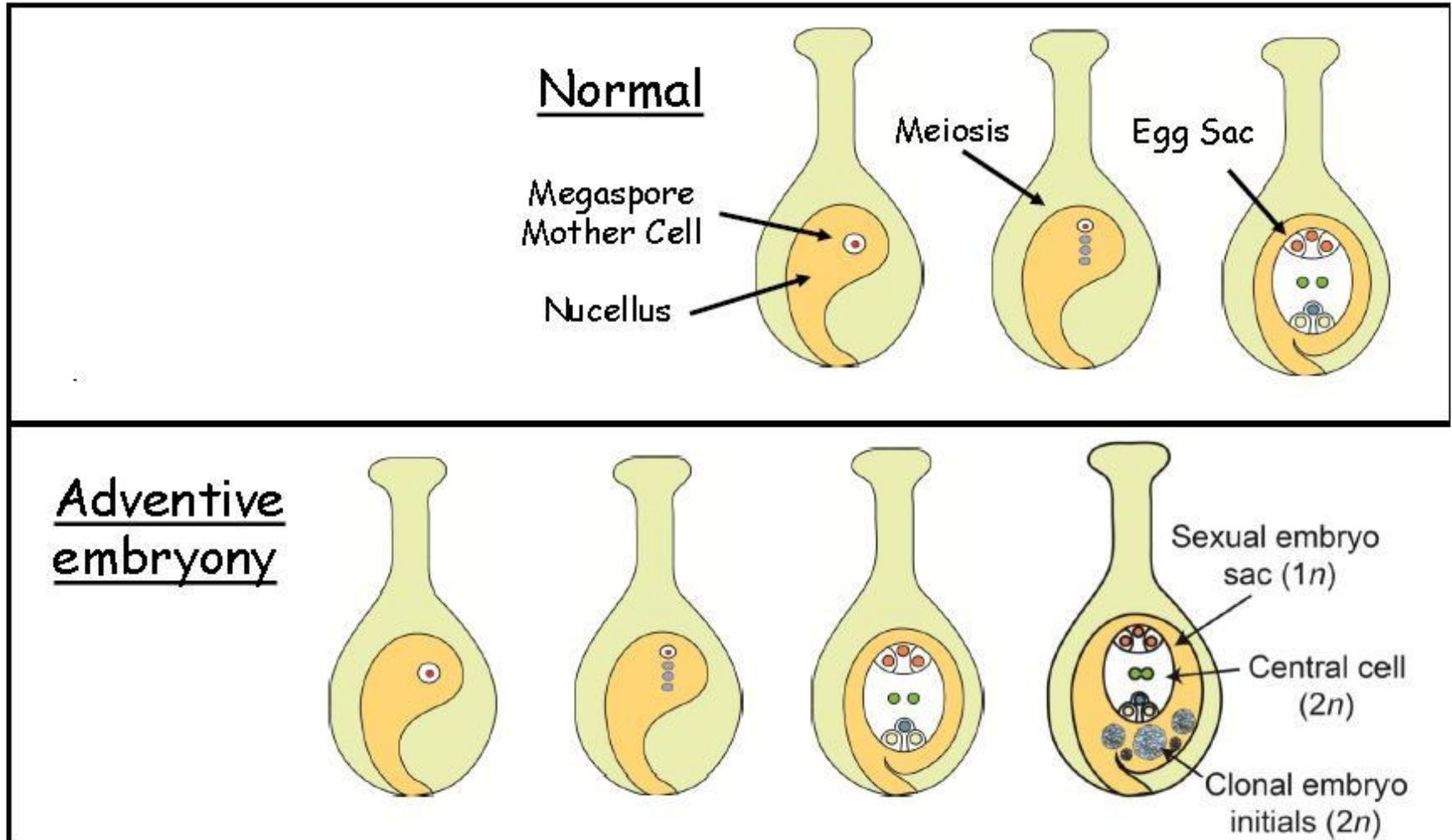
**2. Apomixie sporophytique:** Cellules non fécondées donnent naissance à l'embryon directement

**2.1. parthénogenèse haploïde:** l'embryon se développe à partir de l'ovule. **Ex: Orge**

**2.2. Apogamie haploïde:** l'embryon se développe à partir des synergides ou des antipodes.

**2.3. Embryonie adventive ou polyembryonie:** l'embryon se développe à partir des cellules nucellaires ou tégumentaires (**Citrus**), ou carrément sur des cellules somatiques de la feuille par exemple

# Reproduction asexué: Apomixie



Embryonie adventive

# Agrumes (Rutacea)



Lime (*Citrus aurantiifolia*)



Mandarine (*Citrus reticulata*)



Citron (*Citrus limon*)



Pomélo (*Citrus grandis*)



Orange (*Citrus sinensis*)



Kumquat (*Fortunela margarita*)



Clementine (*Citrus clementina*)

# Reproduction asexué: Apomixie



**Embryonie adventive**

# Reproduction asexué: Apomixie



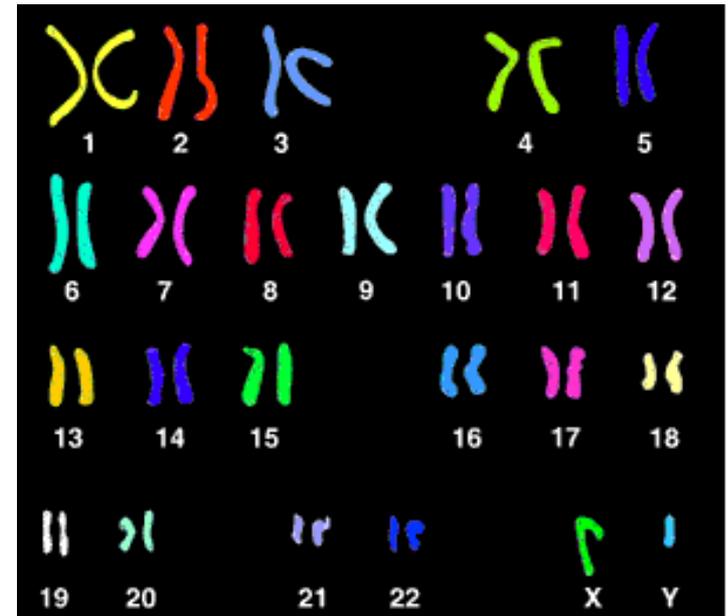
- *Plante model pour la reproduction sexuée et le métabolisme CAM*
- *CAM: Crassulacean Acid Metabolism*
- *Kalanchoë: famille des crassulacea*



**Embryonie adventive (Kalanchoe)**

# Détermination du sexe chez les végétaux-article

- Le processus qui détermine si une plante ou une partie d'elle sera male ou femelle.
- Chez l'être humain: les chromosomes sexuelle
  - Homme: XY
  - Femme: XX



Caryotype de l'être humain

# Détermination du sexe chez les végétaux

- Chez les plantes, quel est/quels sont les mécanismes qui déterminent le sexe?

