

Introduction

Les spermaphytes ou plantes à fleurs comprennent deux grands groupes: les Gymnospermes à ovule nue et à graines nues (non enfermées dans un fruit) et les Angiospermes à ovules enfermés dans un ovaire et à graines enfermées dans un fruit.

Les Angiospermes comportent deux classes: les Monocotylédones et les Dicotylédones.

Les principales étapes de la reproduction chez les spermaphytes correspondent à la formation des fleurs, des fruits et des graines.

I- Etude de la fleur (Cordia sebestena)

Une fleur est généralement constituée, de l'extérieur vers l'intérieur, de pièces florales comprenant les pièces stériles et les pièces fertiles. Elle est portée par un pédoncule floral terminé par un renflement appelé réceptacle floral soutenant les différentes pièces.

1. Les pièces stériles

Elles constituent le périanthe regroupant le calice et la corolle et jouent essentiellement un rôle protecteur.

- **Le calice** est constitué par l'ensemble des trois pièces vertes, soudées et velues: les sépales. Lorsque les sépales sont distincts les uns des autres, le calice est *dialysépale* ; il est *gamosépale* lorsque les sépales sont plus ou moins soudés entre eux.
- **La corolle** est constituée par l'ensemble des six pièces roses, plus grandes et soudées à leur base: les pétales. La corolle peut être dialypétale ou gamopétale.

2. Les pièces fertiles

Protégées par le périanthe, les pièces fertiles sont formées par l'androcée et le gynécée ou pistil.

- **L'androcée:** c'est la partie mâle de la fleur. Elle est constituée de six pièces effilées soudées à la corolle: les étamines.
Chaque étamine présente une partie allongée, *le filet*, portant une masse renflée: *l'anthère*.
- **Le gynécée ou pistil:** est une pièce jaunâtre se trouvant au centre de la fleur. Il est formé de bas en haut, d'une partie renflée, *l'ovaire*, prolongée par un axe, *le style*, terminé lui-même par une région papilleuse, *le stigmat*.
Le pistil est la partie femelle de la fleur.

II- Etude des organes reproducteurs et de la formation des gamètes

1- L'étamine

L'observation à l'œil nu puis à la loupe binoculaire révèle que chaque étamine comprend une partie renflée: l'anthère qui supporte un élément fin, le filet.

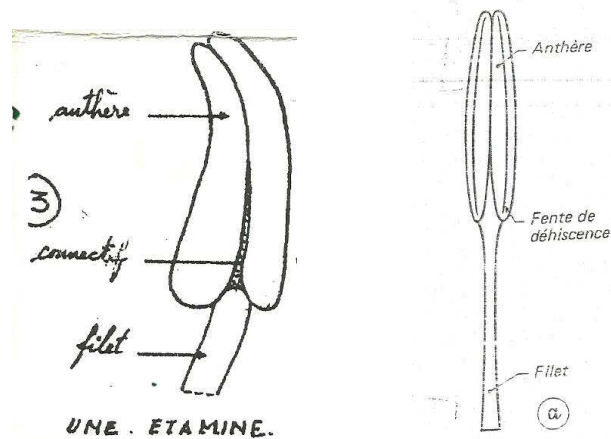


Figure 1: schéma d'une étamine

a- Structure de l'anthère (jeune ou mûre)

La coupe transversale de l'anthère observée au microscope optique présente deux aspects suivant l'état de maturité. En plus des structures foliaires (épidermes à stomate, parenchyme, faisceau conducteur), elle montre les tissus suivants:

Dans une anthère jeune (4 sacs polliniques)

- Sous l'épiderme, la future assise mécanique faite de grandes cellules non différenciées.
- En dessous, plusieurs assises de cellules nourricières
- Au centre, les cellules mères du grain de pollen

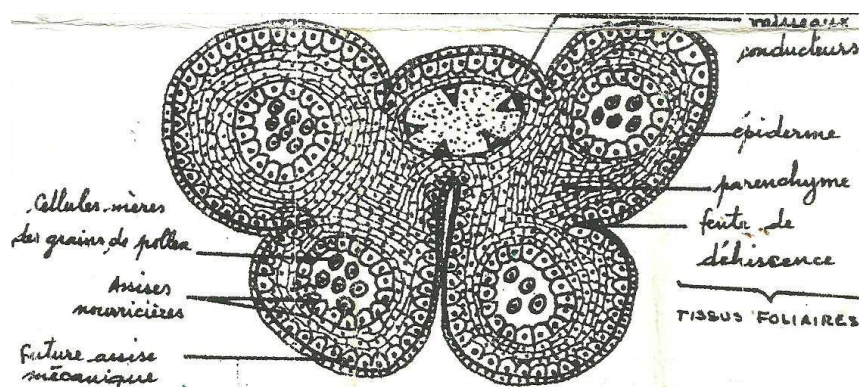


Figure 2: coupe transversale d'une anthère jeune

Dans une anthère mûre (2 loges polliniques)

- Le pollen est formé

- Les cellules nourricières sont en partie résorbées
- L'assise mécanique devenue fonctionnelle après différenciation de ces cellules est interrompue suivant la future ligne de déhiscence ; l'assise mécanique est alors prête à fonctionner pour libérer les grains de pollen contenus dans les loges polliniques

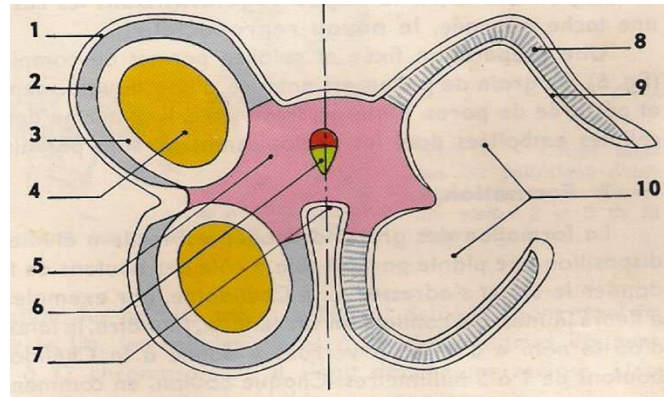


Figure 3: coupe schématique d'une anthere jeune (à gauche) et mûre (à droite)

1. Epiderme ; 2. Future assise mécanique ; 3. Assise nourricière ; 4. Cellules mères des grains de pollen ; 5. Parenchyme ; 6. Faisceau libéro-ligneux ; 7. Connectif ; 8. Assise mécanique ; 9. Restes de l'assise nourricière ; 10. Sacs polliniques ouverts

b- Structure du grain de pollen

Le grain de pollen est formé de deux membranes:

- Une membrane externe, plus épaisse, cutinisée et hérissée de poils ou d'épines ; c'est l'exine.
- Une membrane interne, plus fine, lisse et cellulosique; c'est l'intine.

Le cytoplasme renferme deux noyaux:

- L'un des noyaux, le plus gros, a un rôle trophique ; c'est le noyau végétatif
- L'autre, le plus petit, souvent légèrement aplati, a une fonction purement reproductrice ; c'est le noyau reproducteur.

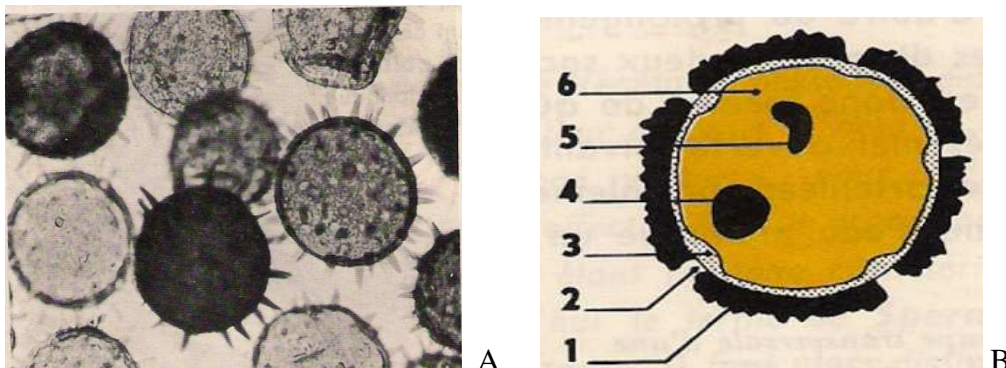


Figure 4: grains de pollen (A) ; coupe schématique d'un grain de pollen (B)

1. Membrane externe épaisse et ornée ; 2. Pore ; 3. Membrane interne mince ; 4. Noyau végétatif ; 5. Noyau reproducteur ; 6. Cytoplasme

c- Formation du grain de pollen

Chaque cellule mère des grains de pollen, diploïde, subit une méiose pour donner 4 cellules haploïdes appelées microspores ou tétraspores. Ces microspores sont enveloppées par la membrane de la cellule mère.

Chacune des microspores subit une mitose et donne naissance à deux cellules inégales emboîtées l'une dans l'autre fonctionnant comme une seule. Cet ensemble constitue le grain de pollen.

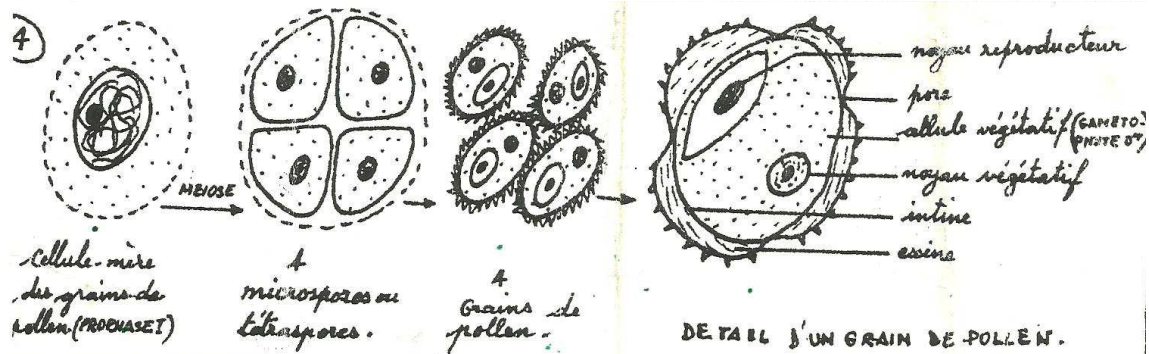


Figure 5: formation du grain de pollen

Après sa formation, le grain de pollen se déshydrate et entre en état de vie ralentie ou vie latente. Les grains de pollen sont libérés par déhiscence (ouverture naturelle) de l'anthere.

2- L'ovaire

a- Structure de l'ovaire

Une coupe transversale de l'ovaire observée à la loupe binoculaire ou au microscope optique montre des cavités renfermant chacune des ovules (masses plus ou moins sphériques), c'est la chambre carpellaire ou loge carpellaire.

Les carpelles sont soudés par les ovaires et par les styles ; seuls les stigmates sont distincts et permettent de dénombrer les deux carpelles formant le pistil.

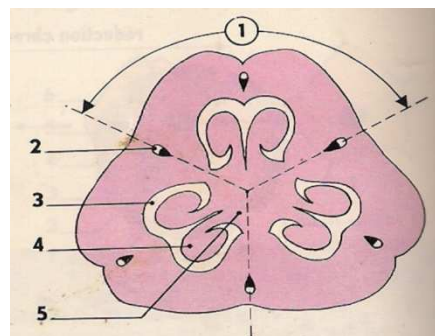


Figure 6: Coupe transversale d'un ovaire

1. Un carpelle ; 2. Faisceau libéro-ligneux ; 3. Cavité carpellaire ; 4. Ovule ; 5. Placenta

b- Structure de l'ovule

Observé au travers de la paroi du carpelle, l'ovule apparaît comme une masse ovoïde fixée par un court pied ou funicule, à la paroi carpellaire formant le placenta.

Deux téguments étroitement accolées entourent l'ovule. A une extrémité, ils sont percés d'un orifice, le micropyle.

Au centre, une masse cellulaire, le nucelle, abrite une grosse cellule claire accompagnée à chacune de ses extrémités de trois cellules ; l'ensemble forme le sac embryonnaire.

On appelle chalaze, la surface au niveau de laquelle nucelle et téguments se confondent (pôle opposé au micropyle). Il s'agit là d'un ovule renversé.

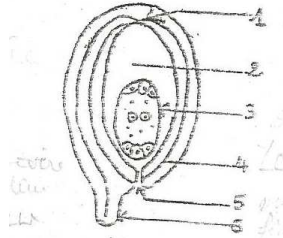


Figure 7: détail d'un ovule renversé

1. Chalaze ; 2. Nucelle ; 3. Sac embryonnaire ; 4. Téguments ; 5. Micropyle ; 6. Funicule

Un ovule peut être droit, recourbé ou renversé selon la position du micropyle et du funicule.

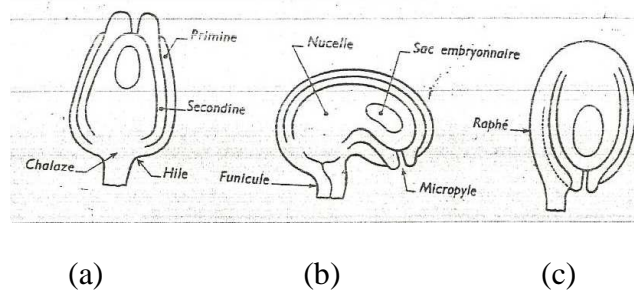


Figure 8: les trois types d'ovule (a. Ovule droit ; b. Ovule recourbé ; c. Ovule renversé)

c- Formation et structure du sac embryonnaire

c-1- Formation du sac embryonnaire

Le sac embryonnaire représente la partie essentielle de l'ovule. Dans l'ovule jeune, il n'est formé que d'une grosse cellule diploïde située dans le nucelle au voisinage du micropyle: c'est la cellule-mère du sac embryonnaire.

Cette cellule-mère subit une méiose et donne 4 cellules haploïdes dont une seule se développe: c'est la macropore ou mégaspore. Les trois autres cellules dégèrent.

Par 3 mitoses successives, le noyau de la mégaspore donne deux, quatre puis huit noyaux haploïdes répartis dans sept cellules inégales par cloisonnement de son cytoplasme. Cet ensemble constitue le sac embryonnaire.

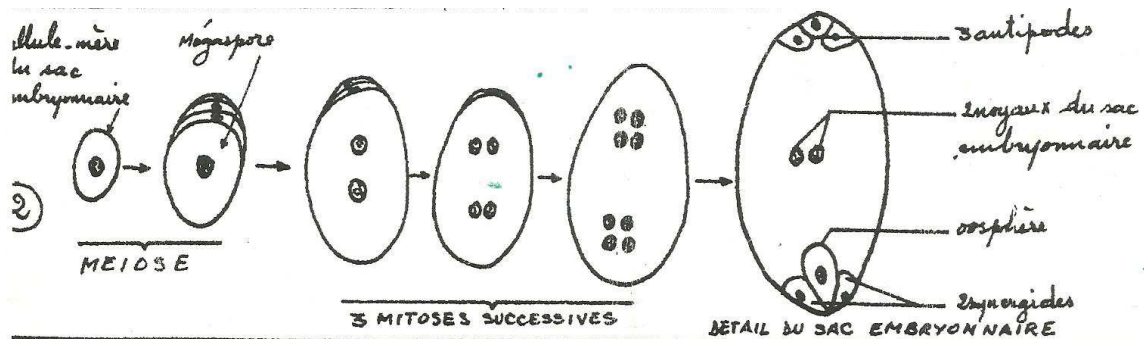


Figure 9: formation du sac embryonnaire

c-2- Structure du sac embryonnaire

A la suite de cette formation, le sac embryonnaire prend son organisation définitive et se présente comme suit:

- A son pôle micropylaire se dispose une grosse cellule, le gamète femelle ou oosphère, flanquée de deux autres cellules appelées synergides.
- Au pôle opposé, symétriquement, se regroupent les trois cellules antipodes.
- Au centre, les deux derniers noyaux se rapprochent et se fusionnent pour donner un noyau unique à $2n$ chromosomes appelé le noyau secondaire: c'est le noyau du sac.

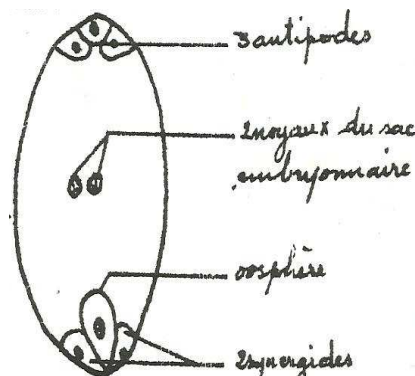


Figure 10: détail du sac embryonnaire

3- Parallélisme entre les organes mâles et les organes femelles de la fleur

Phases	Organes mâles	Organes femelles
Phase Diploïde ($2n$)	Etamines Sac pollinique Cellule mère du grain de pollen	Carpelles Ovule Cellule mère du sac embryonnaire
	Méïose	Méïose
Phase Haploïde (n)	Microspores 1 mitose Grain de pollen	Mégaspores 3 mitoses Sac embryonnaire

III- La fécondation et la formation de la graine

1- La fécondation

a. La pollinisation

C'est le transport du grain de pollen des anthères vers le stigmate des ovaires. Le pollen libéré par la déhiscence de l'anthère est transporté sur le stigmate de la même fleur (**pollinisation directe**) ou plus souvent sur le stigmate d'une autre fleur (**pollinisation croisée**).

Ce transport peut se faire soit par l'eau (**pollinisation hydrophile**), soit par le vent (**pollinisation anémophile**), soit par les animaux (**pollinisation zoïdophile**). Chez ces animaux, cette pollinisation peut être **entomophile** (insectes), ou **ornithophile** (oiseaux).

b. La germination du grain de pollen

Après la pollinisation, le grain de pollen trouve des conditions favorables à sa germination à la surface du stigmate. Il absorbe de l'eau, se réhydrate et passe à nouveau à l'état de vie active.

La germination commence par l'extension de la membrane interne après rupture locale de la membrane externe. Cette extension se développe en un tube de plusieurs centimètres de longueur appelé tube pollinique dont la croissance est dirigée par le noyau végétatif situé à son extrémité. Ce tube progresse à travers les tissus du style et finit par atteindre la cavité de l'ovaire.

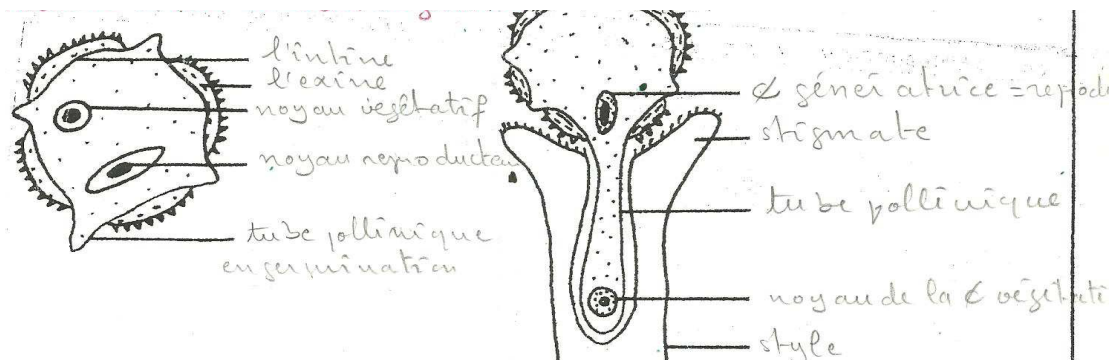


Figure 11: germination du grain de pollen

Au niveau du sac embryonnaire, le tube pollinique termine sa croissance. Le noyau végétatif se désorganise et dégénère alors que le noyau reproducteur, qui s'était engagé lui aussi dans le tube pollinique, subit une mitose pour donner naissance à deux gamètes mâles allongés et spiralés, les deux anthérozoïdes.

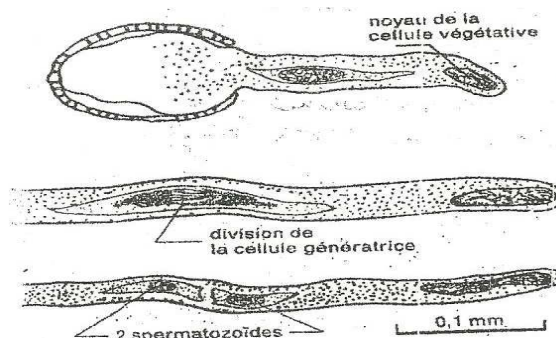


Figure 12: formation des deux spermatozoïdes

c. La double fécondation

Le tube pollinique atteint le sac embryonnaire, soit par le micropyle (**porogamie**), soit par le chalaze (**chalazogamie**). L'un des anthérozoïdes s'unit à l'oosphère (gamète femelle) pour former une cellule diploïde ($2n$) : c'est l'œuf principal ou l'œuf embryon. L'autre anthérozoïde s'unit aux deux noyaux du sac pour donner une cellule triploïde ($3n$) : c'est l'œuf accessoire ou œuf albumen. Il y a donc une double fécondation caractéristique des Angiospermes.

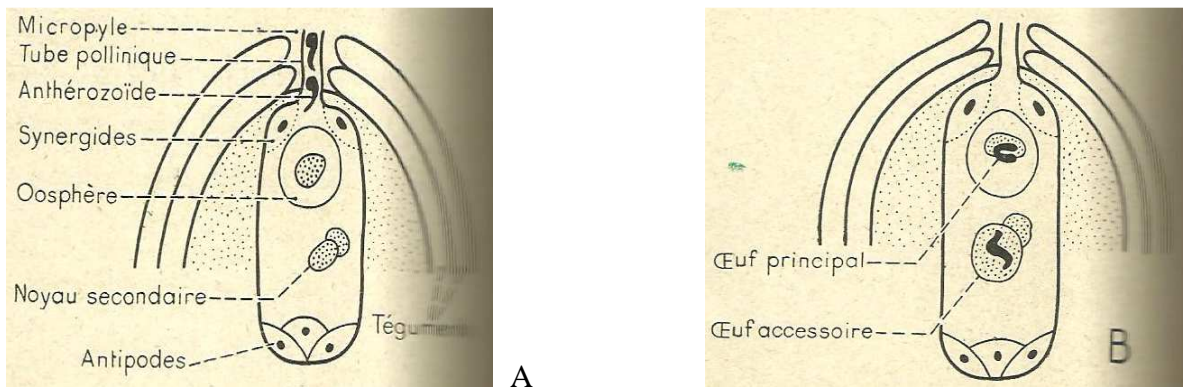


Figure 13: la double fécondation

2- Formation de la graine

La graine provient de la transformation de l'ovule fécondé et conserve plus ou moins la forme de l'ovule. La formation de la graine se fait en trois temps:

- L'œuf principal, issu de la fusion de l'oosphère et du premier anthérozoïde, donne naissance à l'embryon ou plantule comprenant une radicule, une gemmule, une tigelle et un ou deux cotylédons (tissu de réserves).
- L'œuf accessoire, issu de la fusion des deux noyaux du sac et du deuxième anthérozoïde, donne un tissu de réserves appelé albumen.

En fonction de l'évolution de l'embryon, de l'albumen et du nucelle, on distingue trois types de graines :

- L'embryon peut se développer plus vite et au dépend de l'albumen. Ce dernier disparaît progressivement et on obtient alors une graine exalbuminée (sans albumen, sans nucelle). Exemple : haricot, pois
 - Si l'albumen se développe plus vite et au dépend de l'embryon, on obtient une graine albuminée (avec albumen). Exemple : ricin, maïs.
 - la croissance de l'albumen et de l'embryon s'arrête de façon précoce et la graine possède un grand nucelle où sont accumulées les réserves : on obtient une graine à périsperme. Exemple : le poivre noir.
- La maturation de la graine: elle se traduit par un arrêt complet du développement. La graine se déshydrate et entre en état de vie ralentie. Les téguments deviennent épais et résistants.

NB: le fruit provient de la transformation de l'ovaire.

IV- Cycle de développement et cycle chromosomique des Angiospermes

1. Le cycle de développement

Chez les spermatophytes, pour passer d'une génération à une autre, deux phases de longueur différente alternent.

- Le sporophyte: représenté par la plante feuillée qui porte la fleur, il est issu d'un zygote et produit des spores.
- Le gamétophyte: représenté par le grain de pollen et le sac embryonnaire issus respectivement des microspores mâles et des macrospores femelles.

NB: le cycle de développement des spermatophytes présente deux discontinuités correspondant l'une à la dissémination des grains de pollen, l'autre à la dissémination des graines.

2. Le cycle chromosomique

Deux phénomènes compensateurs, la méiose et la fécondation, partagent le cycle en deux phases:

- Une phase à $2n$ chromosomes, ou diplophase, représentée par l'œuf, la graine, la plante feuillée. Cette phase se termine par la production de spores par les étamines et les ovules ; la plante feuillée est un sporophyte.
- Une phase à n chromosomes, ou haplophase, représentée par les grains de pollen d'une part, le sac embryonnaire d'autre part. ces deux organes producteurs de gamètes sont des gamétophytes.

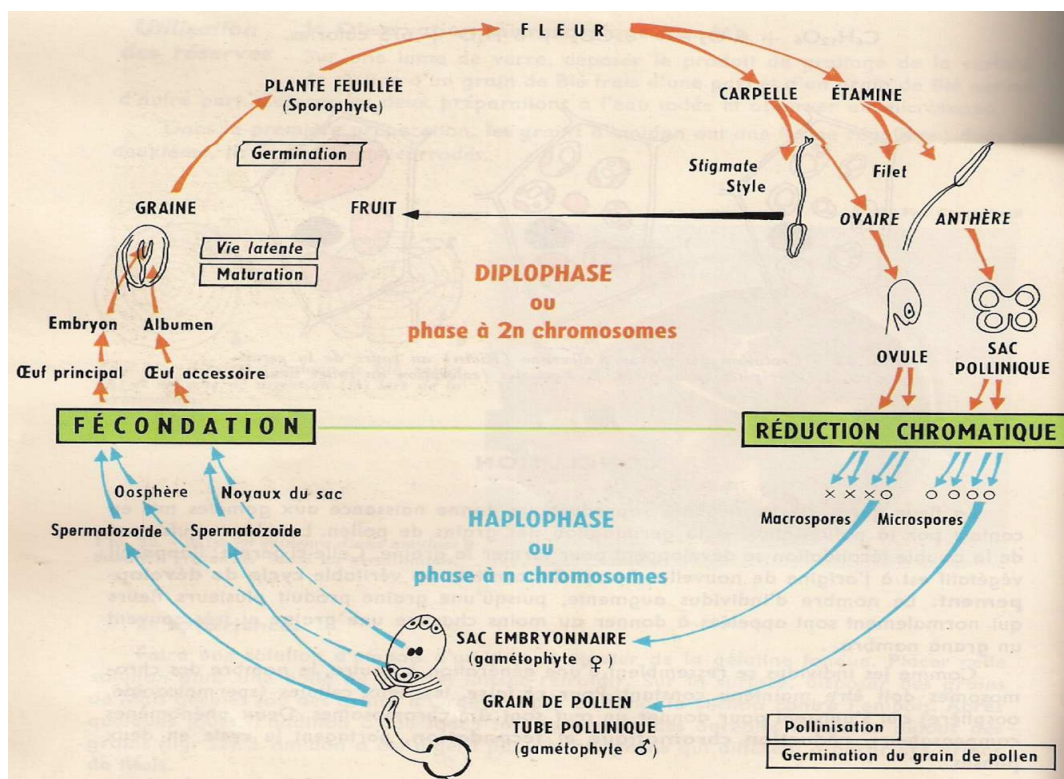


Figure 15: cycle de développement et chromosomique des Angiospermes