

LA REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ LES SPERMAPHYTES

Les **Spermaphytes**, anciennement appelés phanérogames, sont les plantes qui produisent des **graines**.

Chez les plantes à **graines** les éléments de dissémination ne sont plus les **spores** issues du sporophyte, mais directement **les gamétophytes** :

ou **Spermatophytes**, *Spermatophyta*,



- Gamétophyte mâle immature sous forme de **grain de pollen**.
- Gamétophyte femelle portant après la fécondation **un embryon**, gamétophyte lui-même contenu dans les téguments du mégasporange, l'ensemble constituant **une graine**.



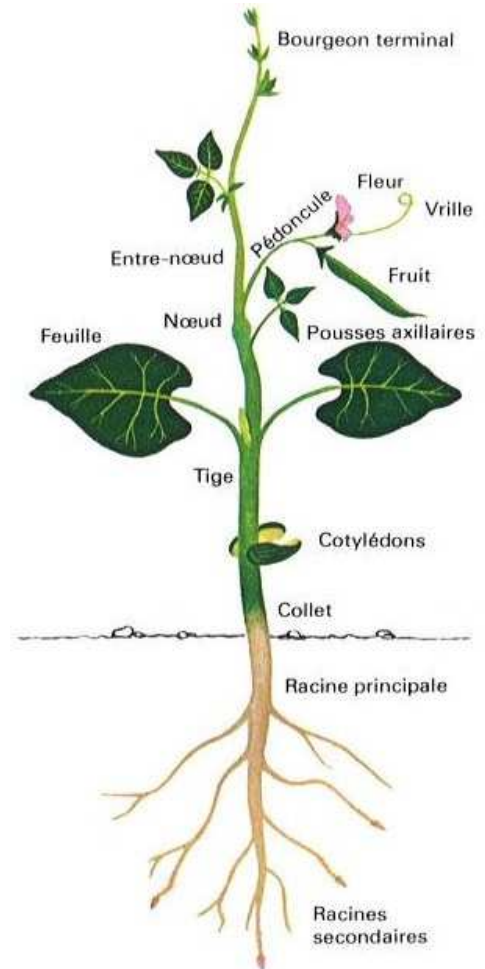
Parmi les spermaphytes, certains ont des graines nues (embryon entouré de l'albumen et d'un tissu de protection): ce sont **les gymnospermes**. D'autres, développant en plus une **double**

fécondation produisant des tissus nourriciers supplémentaires, protègent leurs graines à l'intérieur de l'ovaire qui donnera **le fruit** : ce sont **les Angiospermes**.

UNITÉ 1 : LA REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ LES ANGIOSPERMES

A - Appareil végétatif vs Appareil reproducteur.

Chez les angiospermes et les cormophytes d'une façon générale, **l'appareil végétatif** est constitué de racines, de tige et de feuilles. Ces organes assurent la nutrition et la croissance. Ainsi au niveau des racines la plante absorbe l'eau et les sels minéraux qui constituent la sève brute. La sève brute est acheminée vers les feuilles via les vaisseaux conducteurs de la tige (xylème). Les feuilles sont le siège de la photosynthèse qui aboutit à la formation de la matière organique. La matière organique constitue une solution dite sève élaborée. La sève élaborée est distribuée sur les différents organes à travers un deuxième type de vaisseaux conducteur (phloème).



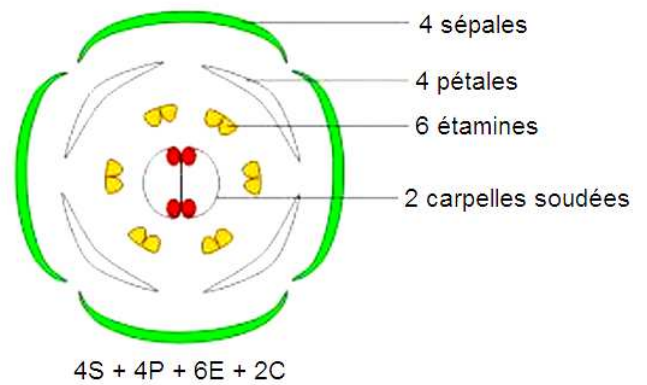
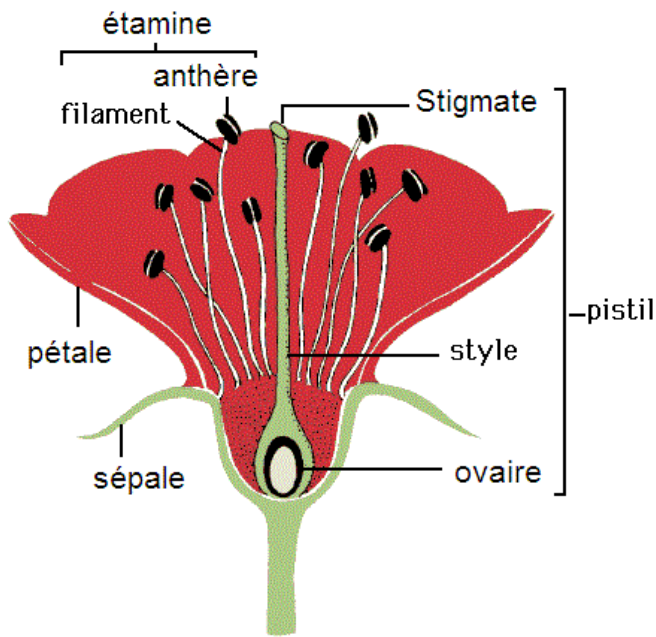
L'appareil reproducteur est constitué des fleurs qui se transforment en fruits. Le fruit contient les graines qui assurent la dissémination de l'espèce et la résistance lors de la mauvaise saison.

B –Organisation de la fleur chez les angiospermes.

Une fleur typique d'angiosperme comporte les organes mâles et les organes femelles ; en plus des organes protecteurs.

Les organes protecteurs sont les sépales et les pétales. L'ensemble des sépales s'appelle calice ; l'ensemble des pétales est dit corolle.

Les organes reproducteurs mâles sont les étamines dont l'ensemble constitue l'androcée. L'organe reproducteur femelle est le pistil. Il est formé d'un stigmate, d'un style et d'un ovaire. L'ovaire peut être formé d'une ou plusieurs chambres dites carpelle. Un carpelle contient un ou plusieurs ovules.



Exemple de diagramme floral et formule florale

Les pièces florales constituent des cercles concentriques. Ainsi on peut décrire la structure de la fleur d'une espèce donnée par un schéma dit diagramme floral, et une formule dite formule florale.

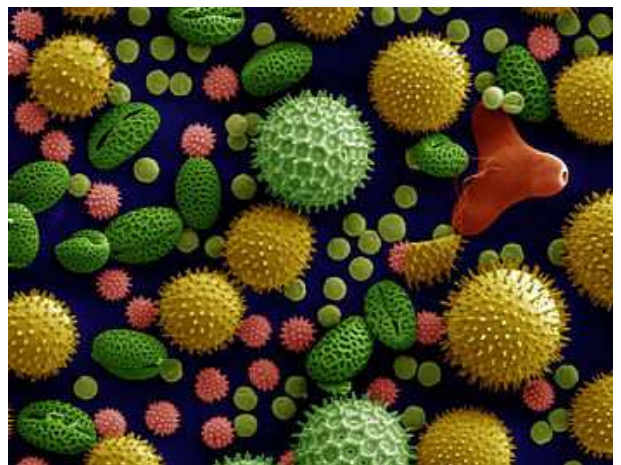
Bien qu'on retrouve souvent les mêmes éléments de la fleur chez toutes les angiospermes ; la structure florale varie d'une espèce à l'autre. Ainsi on peut trouver des fleurs simple ou des fleurs composés (association de plusieurs fleurs en une structure unique) ; des fleurs monosexuées comportant les éléments reproducteurs uniquement mâle ou femelle, ou des fleurs bisexuées comportant les éléments des deux sexes.

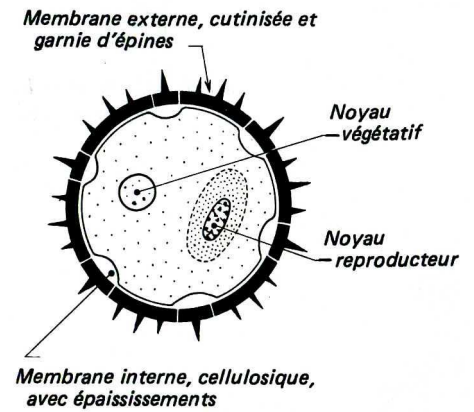
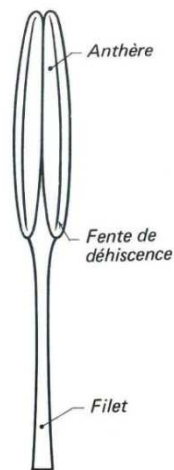
C – L'étamine et la production des grains de pollen

- **Structure de l'étamine**

Une étamine est formée d'une anthère et d'un filament. L'anthère comporte plusieurs sacs polliniques qui à maturité libèrent les grains de pollen, suite à l'ouverture des fentes de déhiscence.

Le grain de pollen est formé de deux cellules, une de grande taille dite cellule végétative au sein de laquelle se loge une petite cellule dite cellule reproductrice.

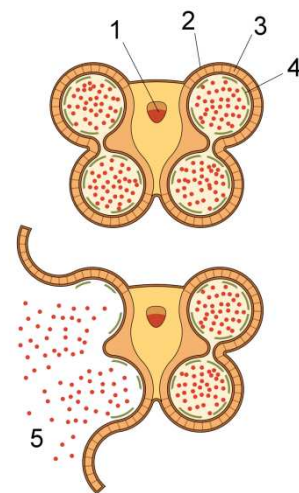
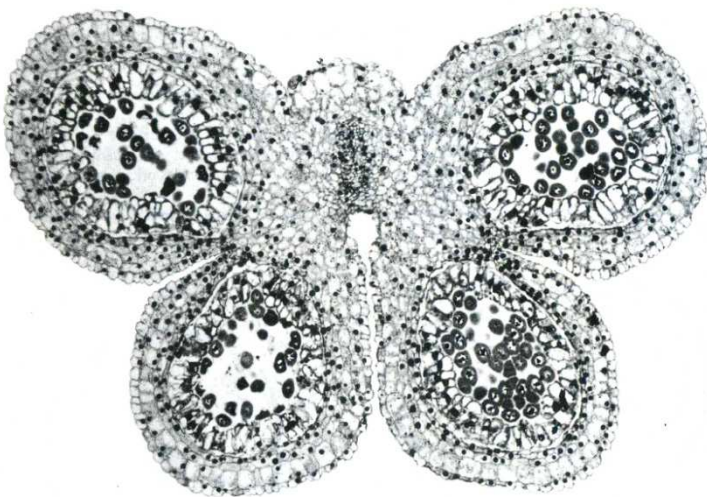


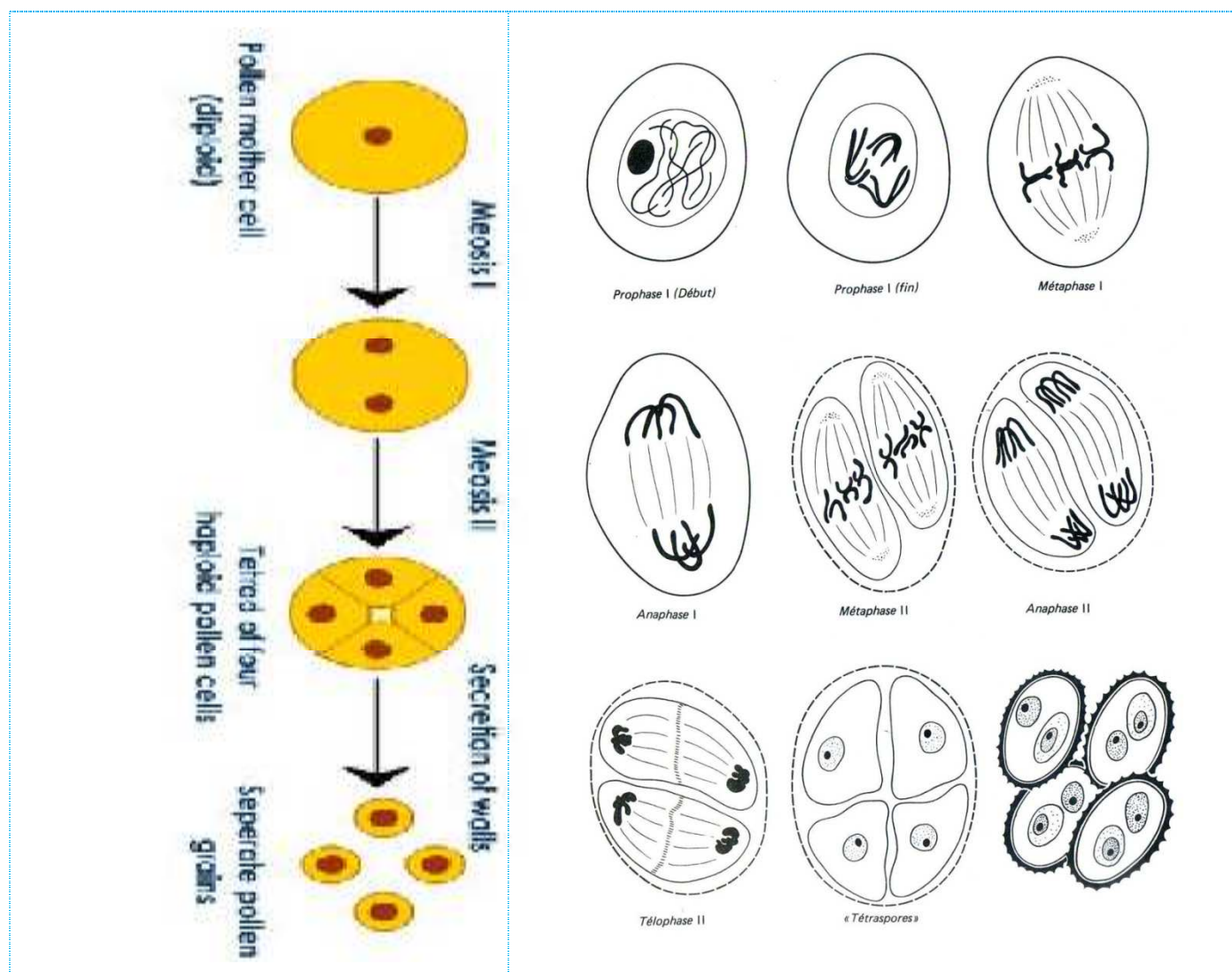
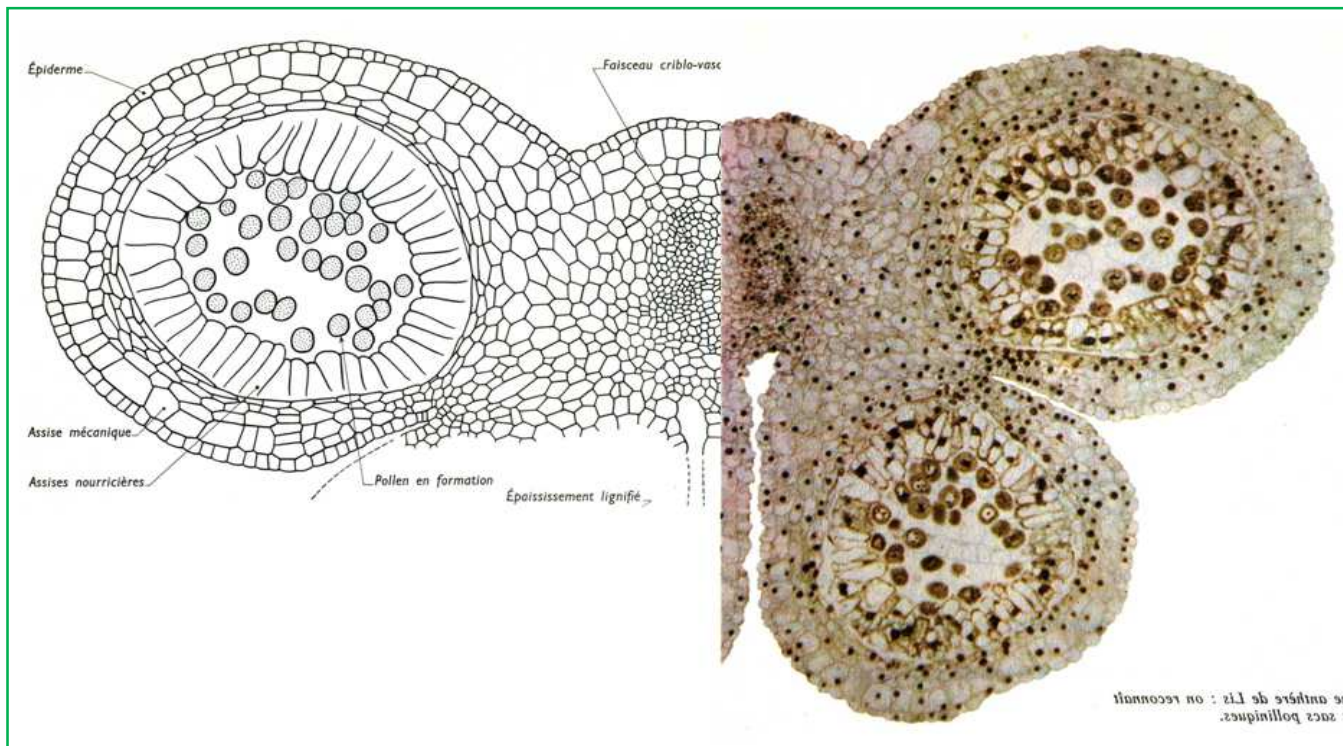


• Formation des grains de pollen

Chez les spermaphytes le cormus est l'équivalent du sporophyte. C'est donc un organisme pluricellulaire diploïde ($2n$). Le sac pollinique est l'équivalent d'un microsporocyste.

Au niveau du jeune sac pollinique, des cellules mères diploïdes subissent une méiose qui, à partir de chaque cellule diploïde, donne quatre cellules haploïdes. Ces cellules haploïdes constituent l'équivalent des microspores. Ces microspores ne sont pas libérées ; mais elles « germent » au sein du sac pollinique. Cette « germination » n'est autre qu'une seule mitose qui aboutit à la formation du grain de pollen formé de deux cellules. Le grain de pollen fait office de gamétophyte mâle. Transporté par le vent ou les insectes, le grain de pollen est une forme de dissémination.





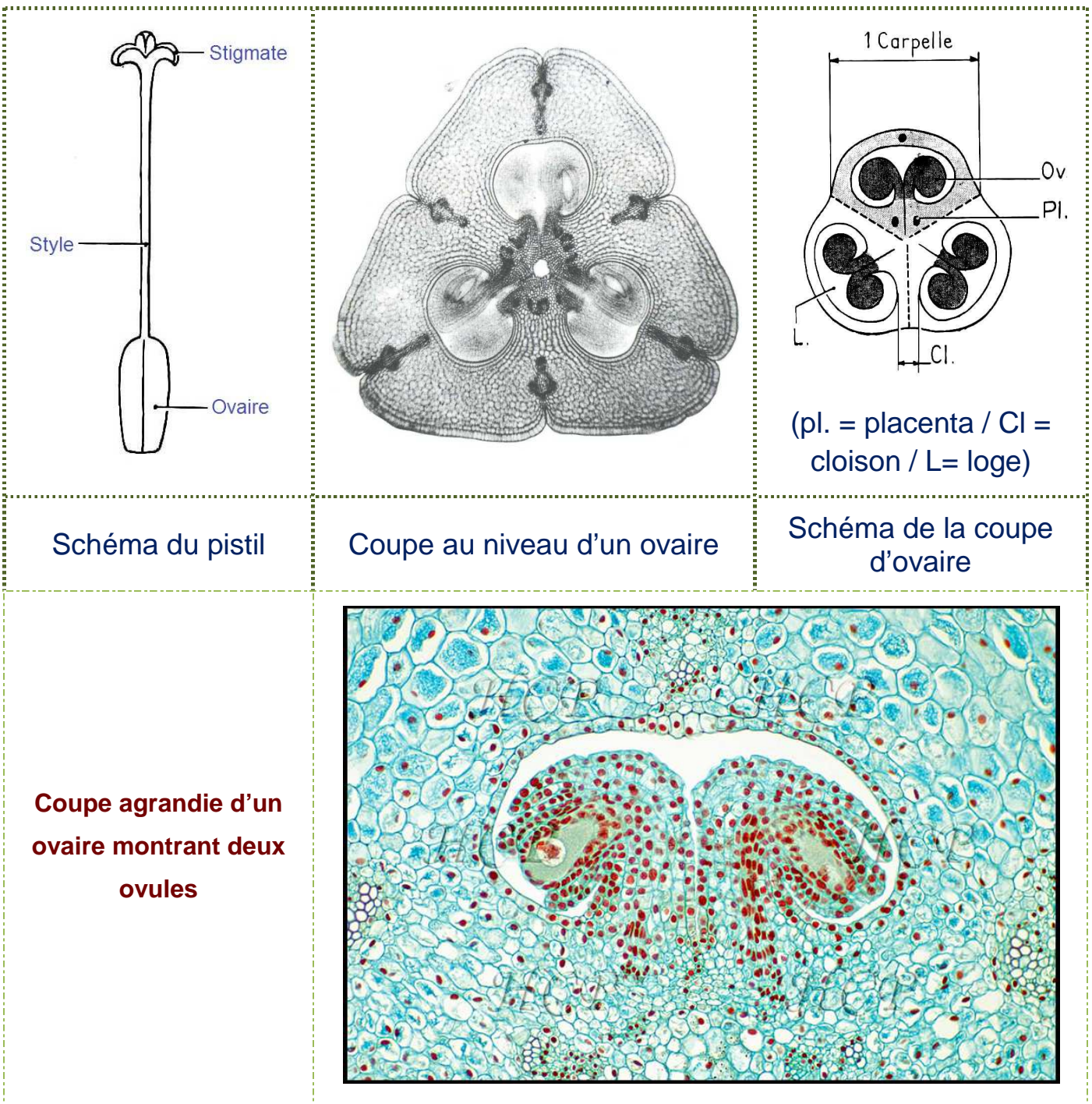
D –Le pistil ou gynécée et la formation du « sac embryonnaire »

• Structure du pistil :

Le **pistil** (du latin *pistillum*, « pilon »), appelé aussi **gynécée** est l'appareil reproducteur femelle des fleurs. Il est constitué de trois parties : le stigmate, le style et l'ovaire. L'ovaire est formé d'un ou plusieurs carpelles.

Le **carpelle** est une enveloppe protectrice du pistil définissant une cavité contenant un ou plusieurs ovules.

L'**ovule** est un organe qui renferme le gamétophyte femelle. C'est un macrosporange. Le gamétophyte femelle des angiospermes s'appelle « sac embryonnaire ». Il contient le gamète femelle : l'oosphère.



Structure de l'ovule :

Placenta : Partie de l'ovaire à laquelle sont fixés les ovules, directement ou par l'intermédiaire d'un funicule.

Funicule : Zone intermédiaire entre le placenta et l'ovule

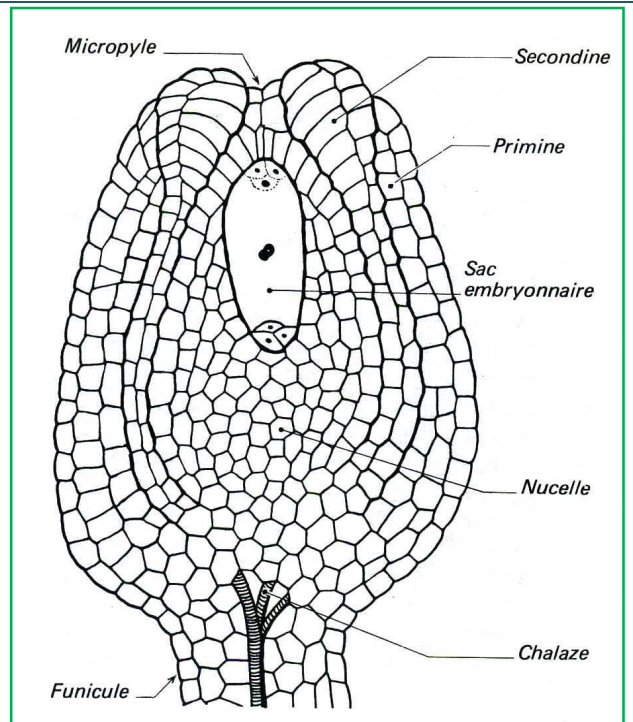
Chalaze : Base d'attache du nucelle au tégument de l'ovule, par où pénètrent les sucs nourriciers

Secondine et primine : les deux enveloppes de l'ovule (= Téguments)

Micropyle : Ouverture dans les téguments de l'ovule

Sac embryonnaire : gamétophyte femelle

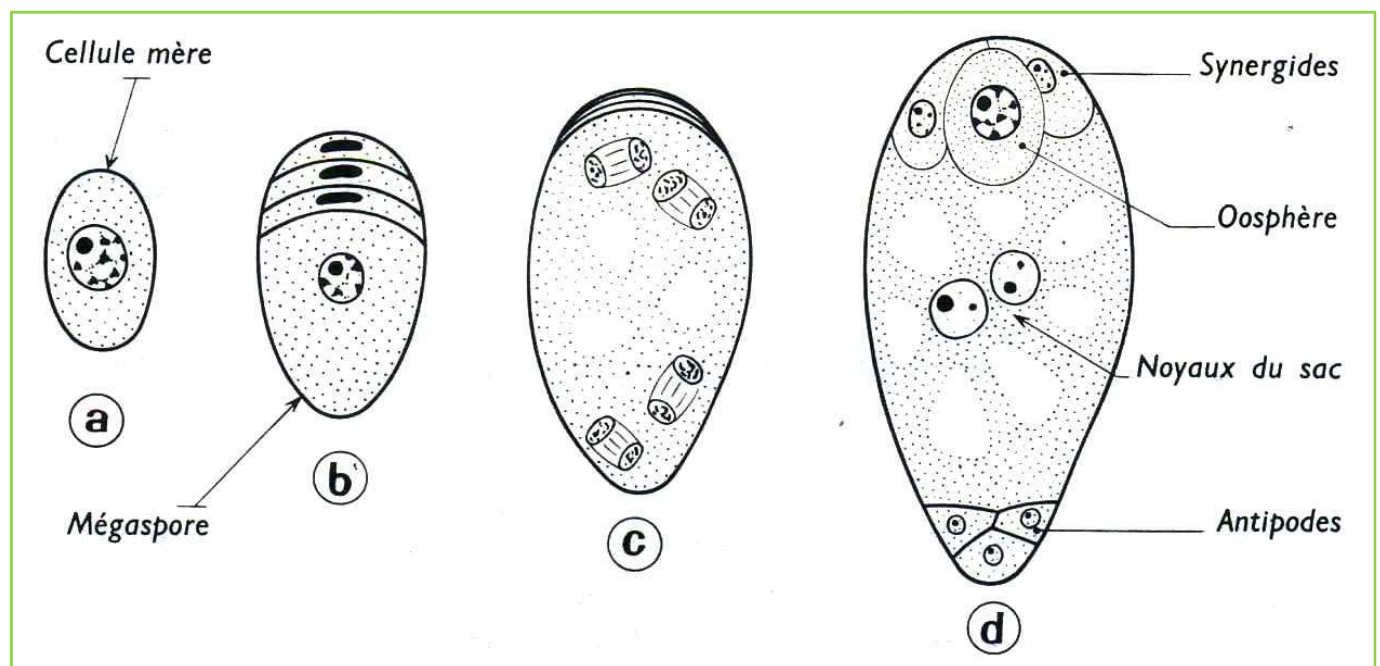
Nucelle : le tissu qui constitue la partie centrale de l'ovule entourée par les téguments.



• Formation du sac embryonnaire:

L'ovule chez les angiospermes fait office de **mégasporange**. Au sein du nucelle, une cellule mère diploïde ($2n$) subit une **méiose** et donne 4 cellules haploïdes dont 3 dégénèrent. La cellule restante est une **mégaspore**. La mégaspore n'est pas une forme de dissémination ; elle subit 3 **mitoses** au sein de l'ovule pour donner 8 cellules formant le sac embryonnaire. 2 des 8 cellules restent fusionnées en une cellule à 2 noyaux.

Ainsi le sac embryonnaire mature est formé de 3 cellules dites Antipodes ; 2 synergides une cellule centrale à 2 noyaux ; en plus du gamète femelle c'est-à-dire l'**oosphère**.



E – Pollinisation et germination du grain de pollen.

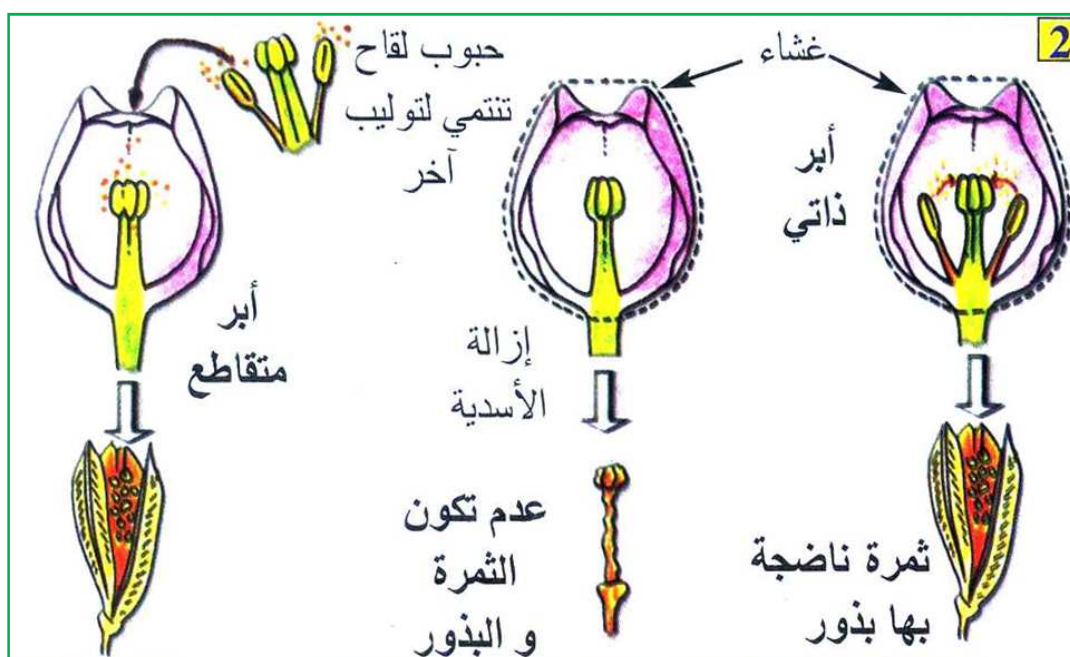
A maturité le sac pollinique s'ouvre par les fentes de déhiscence et libère les grains de pollen. La **pollinisation** est le processus de transport des grains de pollen depuis les étamines vers le pistil ; soit par autofécondation (concerne une minorité d'angiospermes) soit par fécondation croisée : le pollen d'une fleur se dépose sur les stigmates d'une autre fleur de la même espèce, processus qui fait souvent intervenir un insecte pollinisateur tel que l'abeille. 70 % à 90 % des angiospermes sont pollinisés par une espèce animale. Les autres sont pollinisés surtout par le vent.

• Mise en évidence de l'importance de la pollinisation.

Beaucoup d'études ont montré que la production des fruits par certains arbres fruitiers est réduite à des niveaux très bas en absence d'insectes pollinisateurs ; notamment les abeilles.



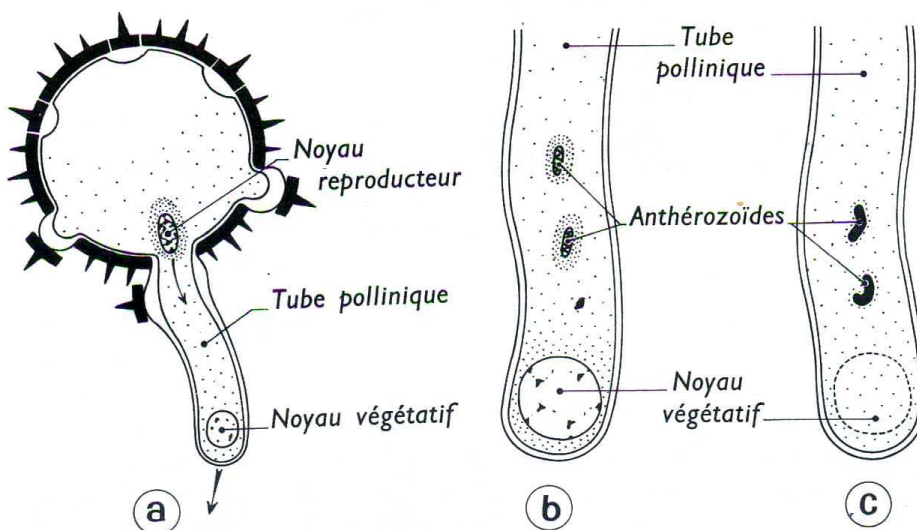
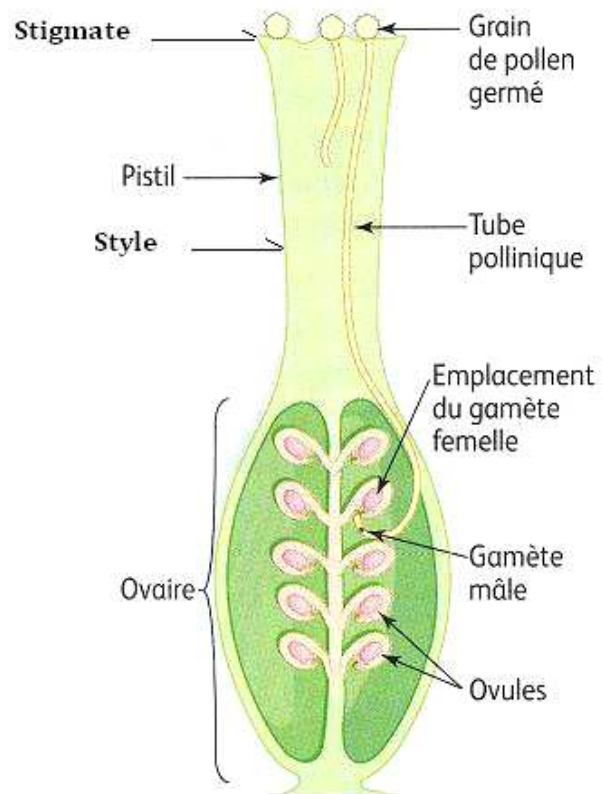
Des expériences ont montré que la transformation de la fleur en fruit ne peut pas avoir lieu en absence de la pollinisation.



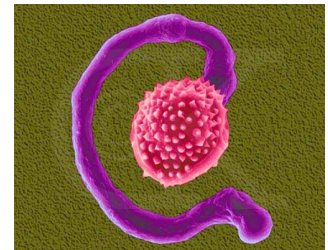
• Germination des grains de pollen

Le grain de pollen germe après s'être déposé sur le stigmate. Ainsi il émet un tube dit « **tube pollinique** ». Le tube pollinique est un prolongement de la cellule végétative. Il croît en traversant les tissus du style ; et se dirige vers l'ovule. Durant cette croissance le noyau végétatif est toujours à l'extrémité du tube poursuivi par la cellule reproductrice qui, chemin faisant, subit une mitose et donne deux cellules haploïdes. Ce sont deux **gamètes mâles**.

Rapprochement des gamètes grâce au tube pollinique.



Les deux gamètes mâles sont dits anthérozoïdes. Lorsque le tube pollinique se rapproche de l'ovule le noyau végétatif dégénère.



F – Double fécondation et formation de la graine.

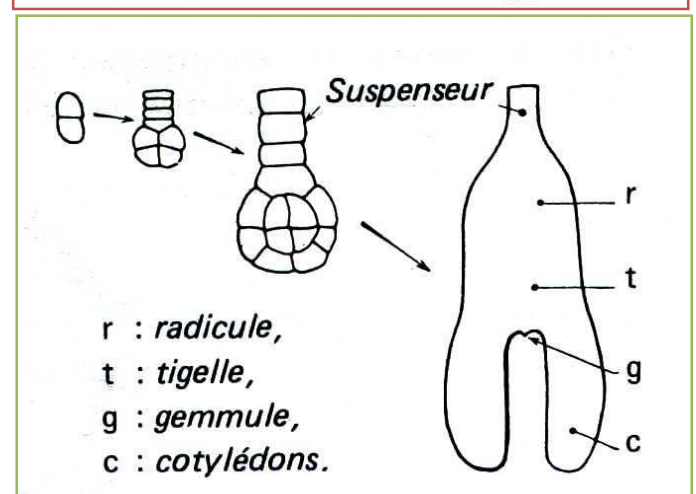
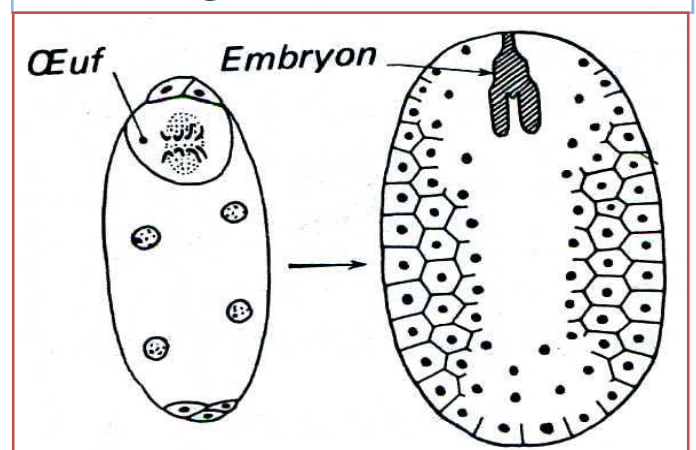
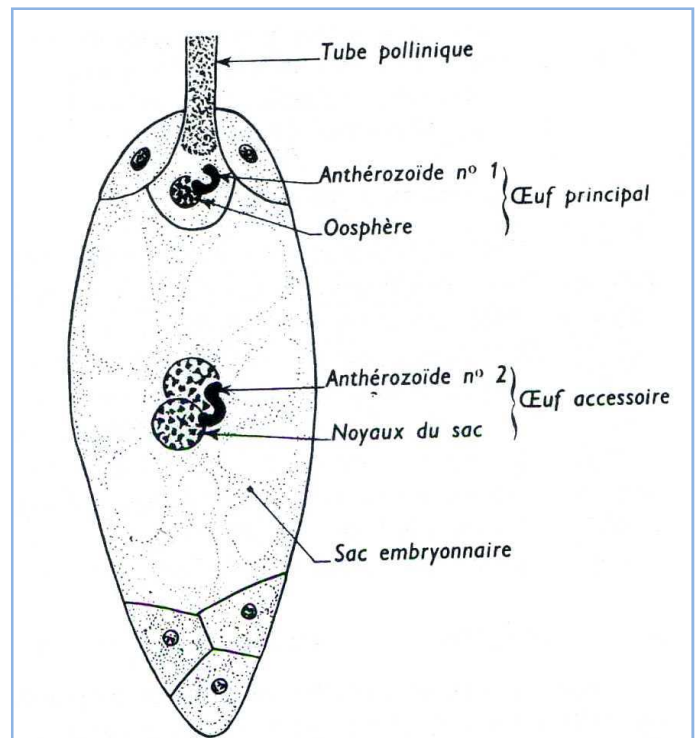
• La double fécondation :

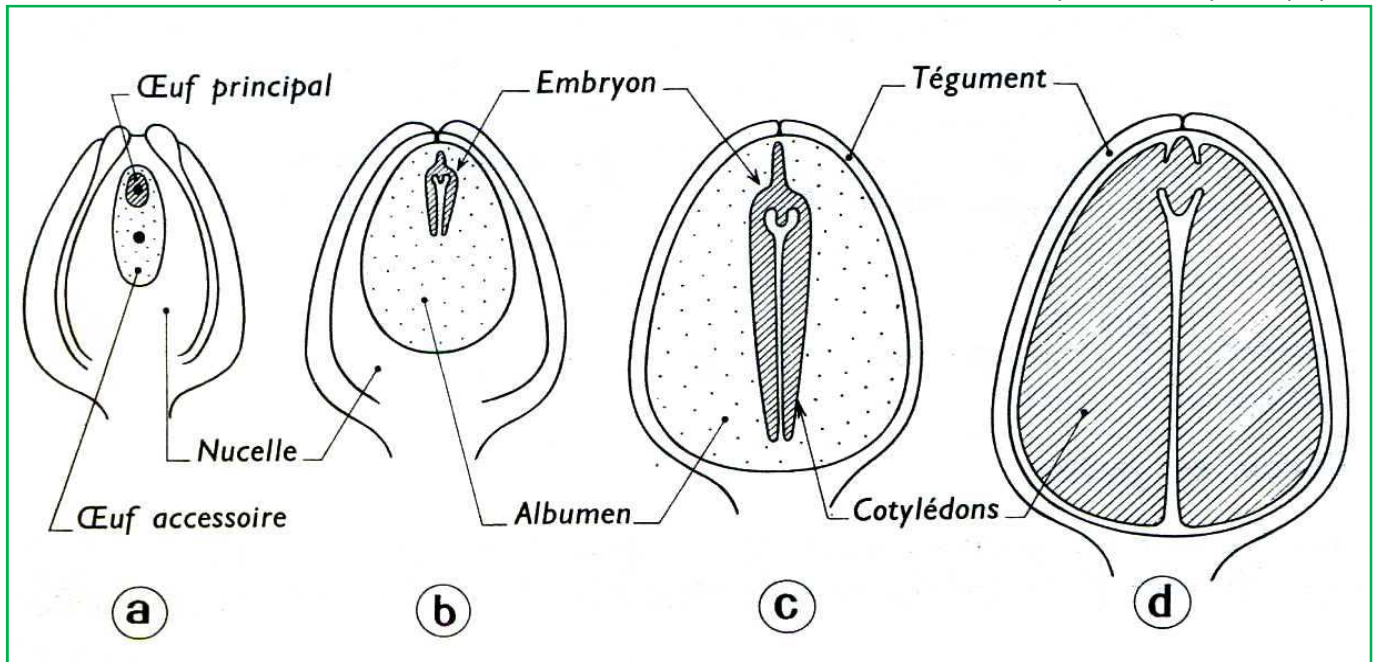
Le tube pollinique pénètre dans l'ovule à travers le micropyle. Il traverse le nucelle pour atteindre le sac embryonnaire. Au niveau du sac embryonnaire on assiste au phénomène de la double fécondation. Ainsi l'un des anthérozoïdes féconde l'oosphère pour donner l'œuf principal ($2n$). L'œuf principal est à l'origine de l'**embryon**. Le deuxième anthérozoïde fusionne avec les deux noyaux du sac pour donner l'œuf secondaire ($3n$) à l'origine de l'**albumen**. L'**albumen** est un tissu de réserves nutritives de la graine.

Après la fécondation les synergides et les antipodes dégénèrent. L'ovaire se transforme en fruit ; l'ovule se transforme en graine.

L'œuf principal se développe par mitose, pour donner l'embryon qui est constitué d'une radicule, d'une tigelle, de deux cotylédons et d'un bourgeon terminal (gemmule).

L'œuf secondaire se développe par mitose pour donner l'albumen.





Après la fécondation, le sac embryonnaire cède la place à l'embryon et l'albumen. Le nucelle régresse. Les téguments de l'ovule deviennent les téguments de la graine.

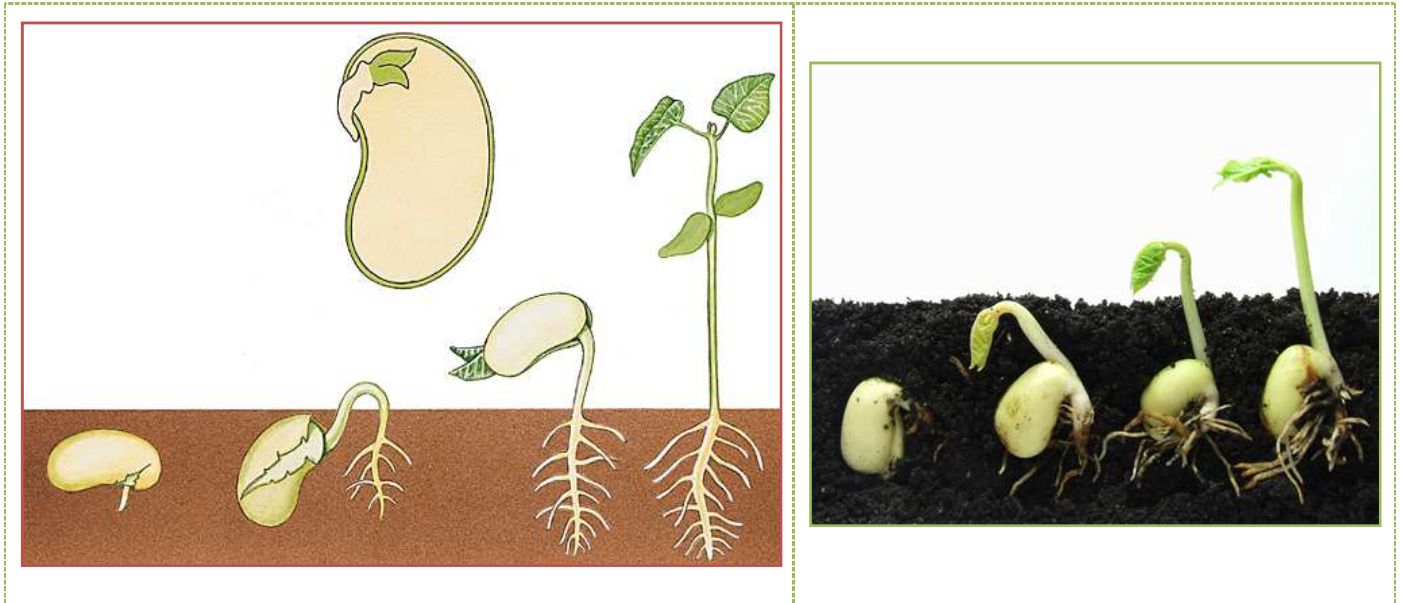
L'essentiel du volume de la graine est occupé par les deux cotylédons pour certaines espèces ; ou par l'albumen pour d'autres.

L'albumen et les cotylédons sont des tissus riches en réserves nutritives. Ils assurent la nutrition de l'embryon au moment de la germination de la graine.

Les cotylédons sont les feuilles primordiales de l'embryon.

Après l'accumulation des réserves, la graine subit une dessiccation et rentre dans une vie ralentie. Ainsi la graine est une forme de dissémination et de résistance. Durant la vie ralentie, les rythmes de la nutrition et de la respiration sont très faibles (faible niveau d'absorption de O_2 et faible niveau du rejet de CO_2).

G- Germination de la graine et formation d'une nouvelle plantule.

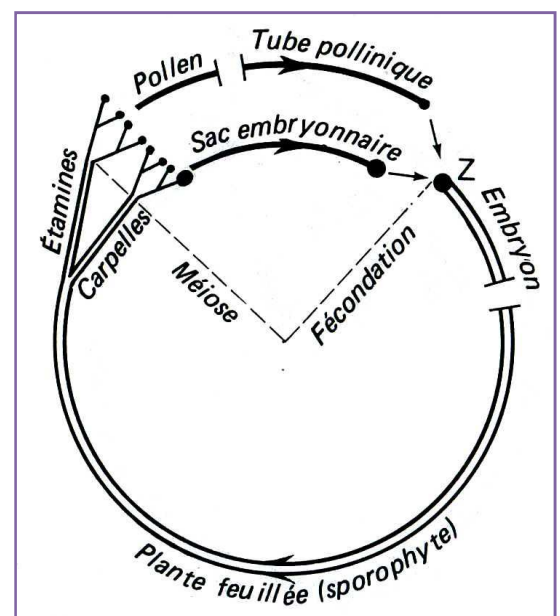


Lorsque les conditions sont favorables (O_2 ; humidité ; T°), la graine germe, elle passe ainsi de la vie ralentie à la vie active. L'embryon se nourrit durant les premiers jours de la germination des réserves de la graine. La croissance de l'embryon donne lieu à une plantule constituée de racines, tige ; cotylédons, feuilles et bourgeon terminal. Les réserves s'épuisent au fur et à mesure de la croissance de la plantule. Après le développement des racines et des feuilles, la plantule devient autonome sur le plan de sa nutrition. Ainsi l'absorption de l'eau et des ions minéraux se fait au niveau des racines ; la photosynthèse a lieu au niveau des feuilles ($\text{Ions minéraux} + H_2O + CO_2 \text{ atmosphérique} \rightarrow \text{Substances organiques}$)

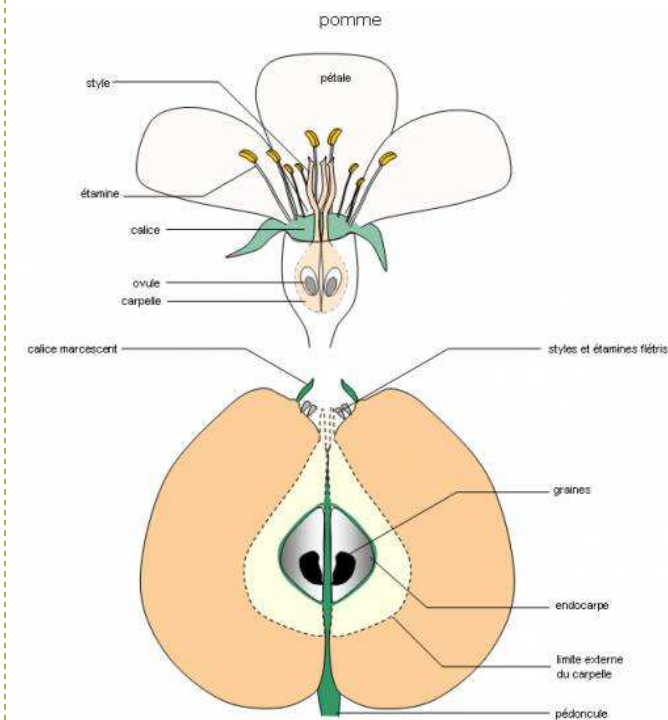
H – Cycle de développement chez les angiospermes.

Chez les angiospermes, le cycle est digénétique haplodiplophasique avec dominance de la diplophase.

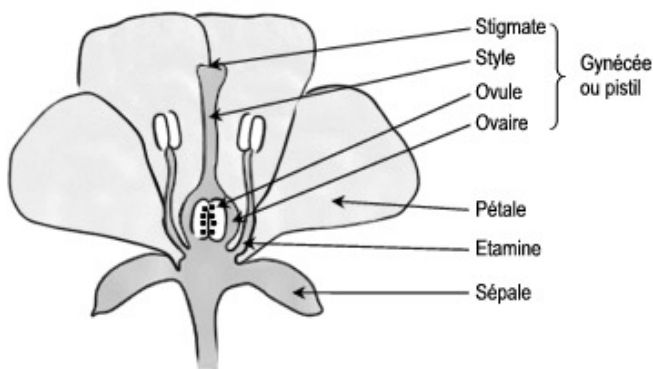
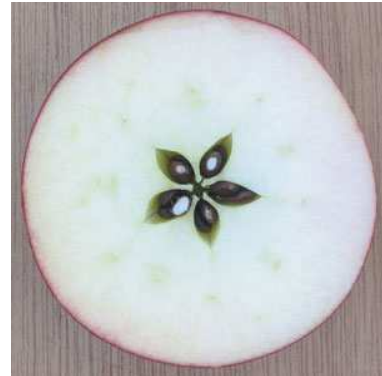
La plante feuillée représente le sporophyte ($2n$) ; l'ovule représente le mégasporange qui produit les mégaspores ; le sac pollinique représente le microsporange qui produit les microspores. Le sac embryonnaire est le gamétophyte femelle (n). Le grain de pollen est le gamétophyte mâle (n).



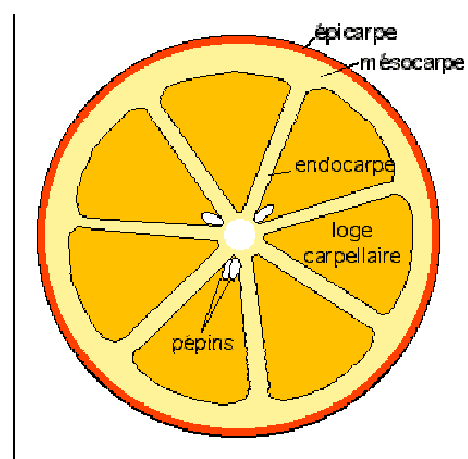
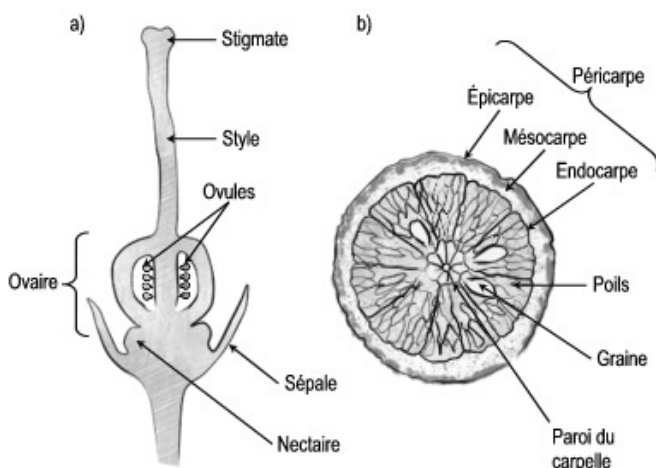
I- Diversité des fruits chez les angiospermes.

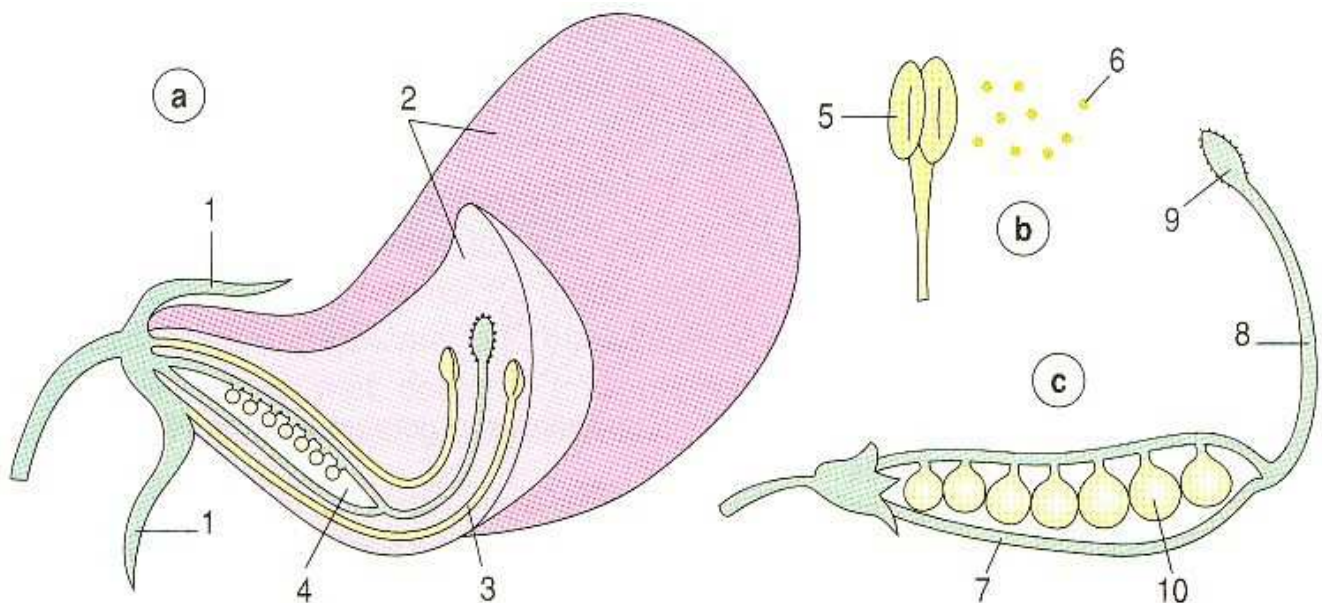
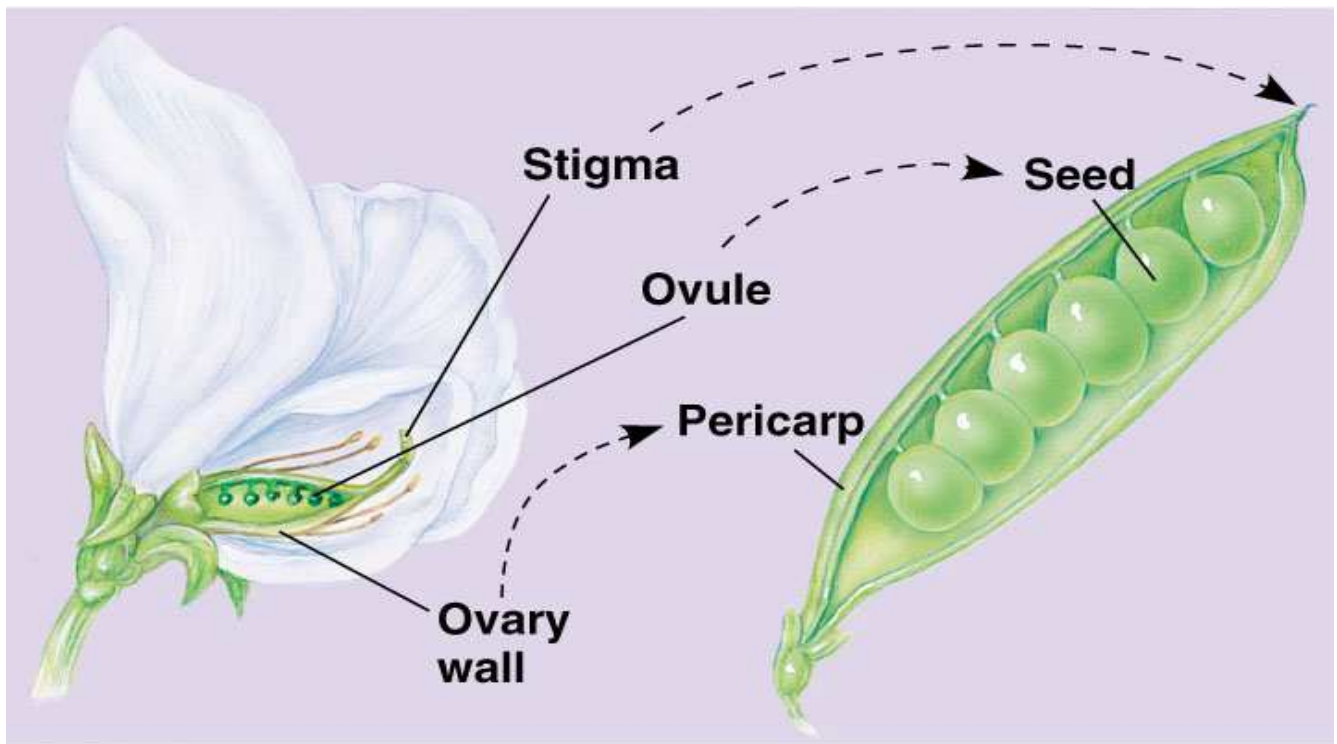


Chez le pommier par exemple ; après la double fécondation les ovules se transforment en graines ; les pièces florales régressent (sépalés pétalés étamines..). L'ovaire augmente de volume, ses cellules accumulent des réserves, et il se transforme en **fruit**.



Chez l'oranger aussi l'ovaire se transforme en fruit. Le tissu riche en réserves nutritives des loges carpellaires est la partie que nous consommons du fruit.

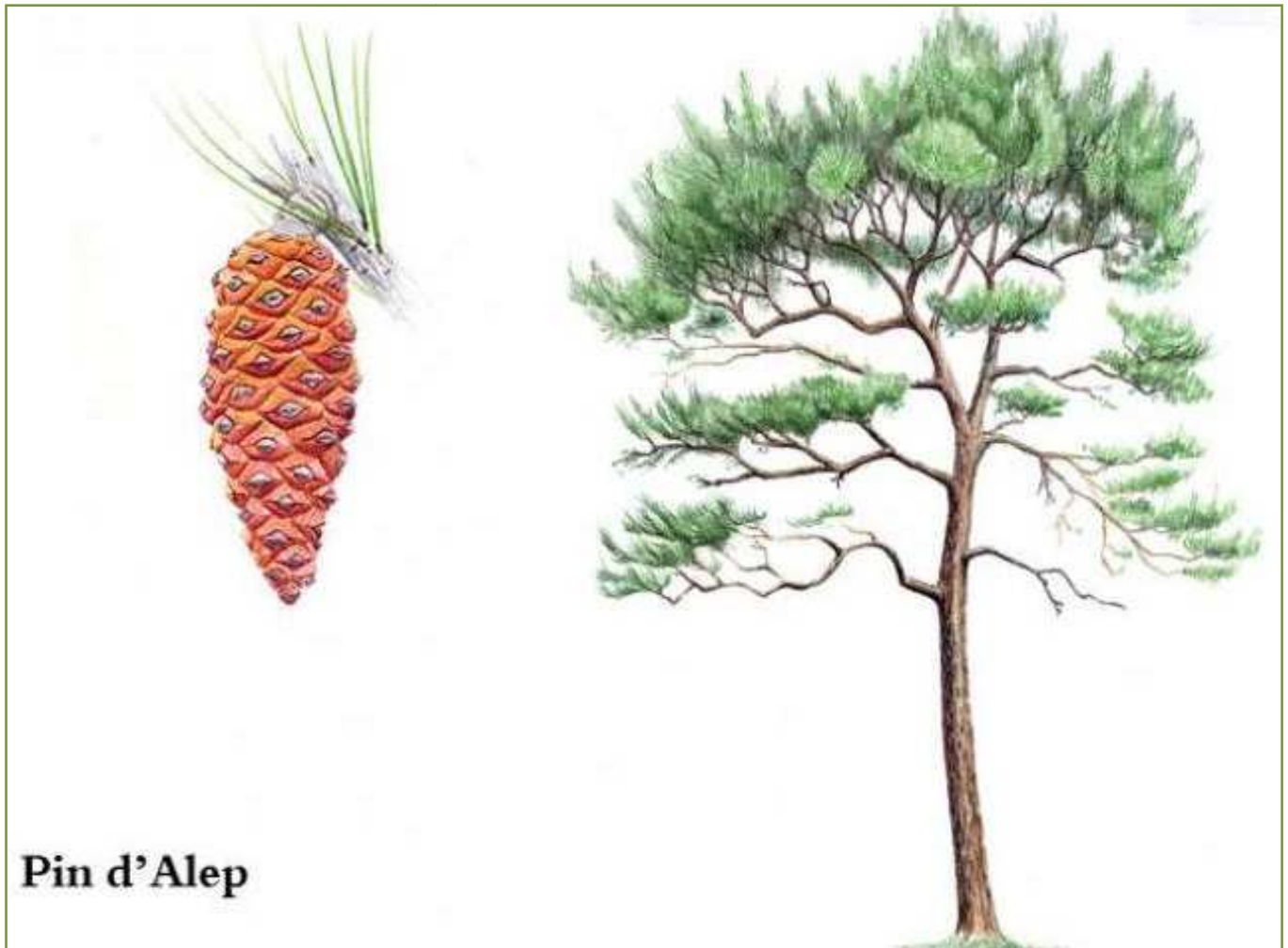




Le fruit du pois par exemple est une gousse.

La **gousse** est un fruit sec, déhiscent, caractéristique de la famille des légumineuses ou Fabacées. La gousse est dérivée d'un unique carpelle soudé ; elle s'ouvre par deux fentes de déhiscence.



UNITÉ2 : LA REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ LES GYMNOSPERMES

Les **Gymnospermes** sont des plantes faisant partie des Spermaphytes (plantes à graines). A la différence des angiospermes la graine n'est pas enfermée dans un fruit. Elle est donc « nue ». Elle est portée par des pièces foliaires groupées sur un rameau fertile. Ainsi le nom Gymnospermes provient du grec « *gymnospermos* » signifiant « semence nue ».



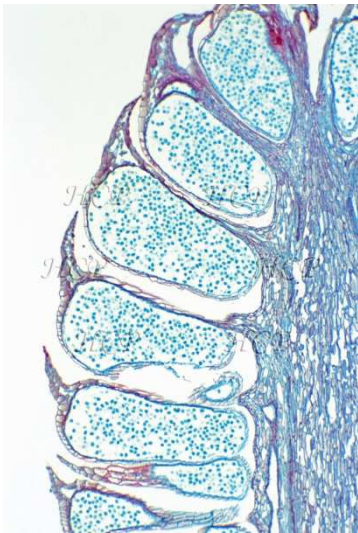
La plupart des Gymnospermes sont des **conifères**.

(Les organes reproducteurs ont une forme de **cône**). Par exemple, les Pins (*Pinus*), les cèdres (*cedrus*).

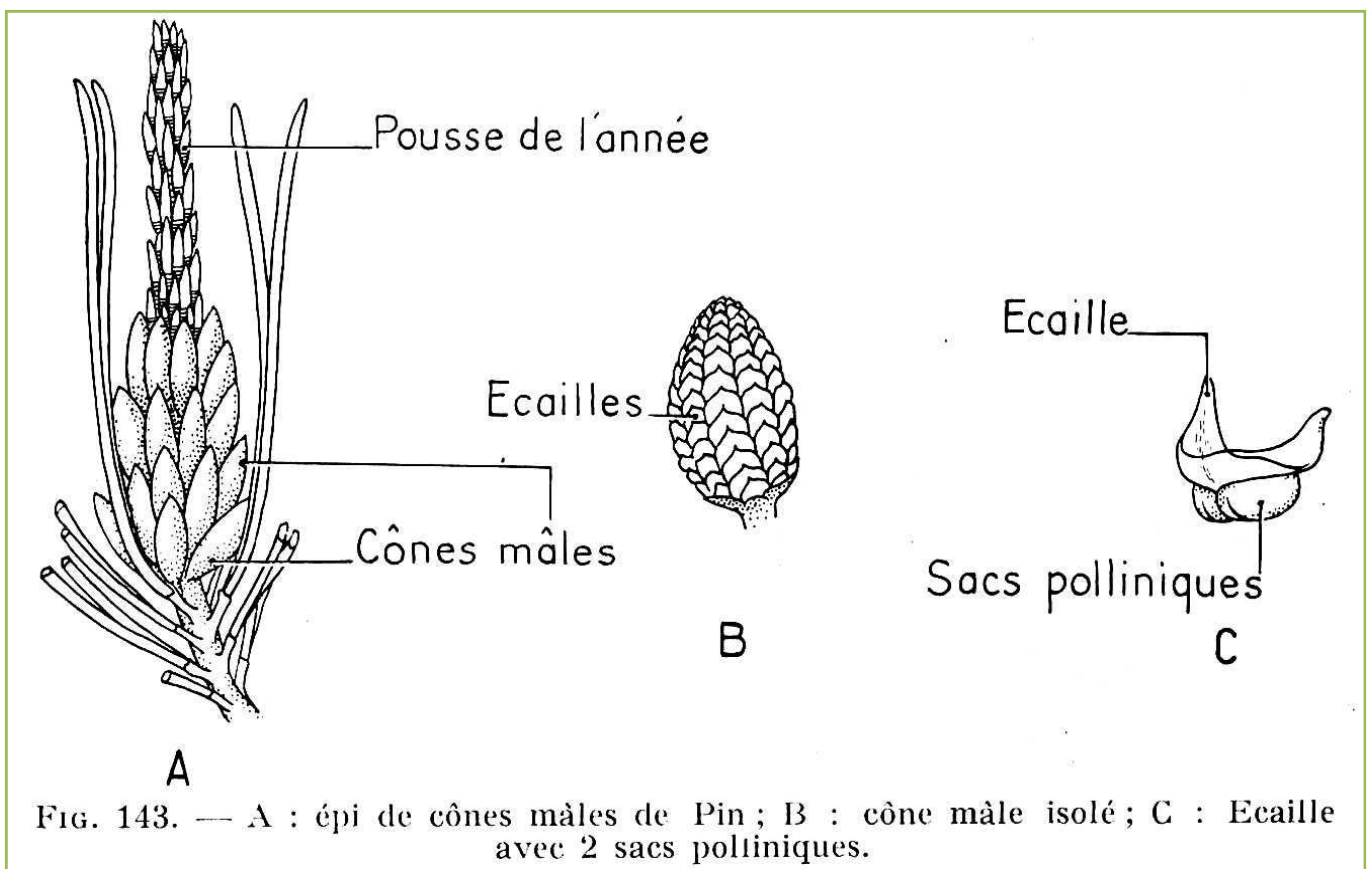
Chez le pin et beaucoup de conifères les feuilles sont en forme d'aiguilles.

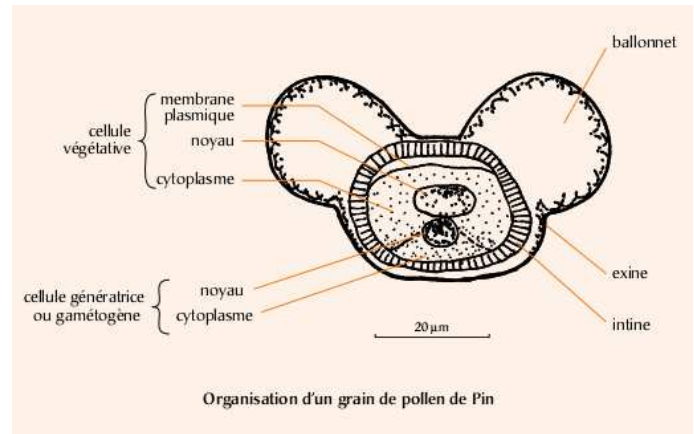
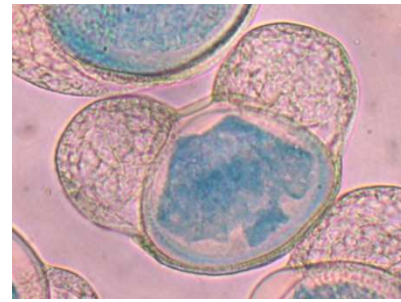
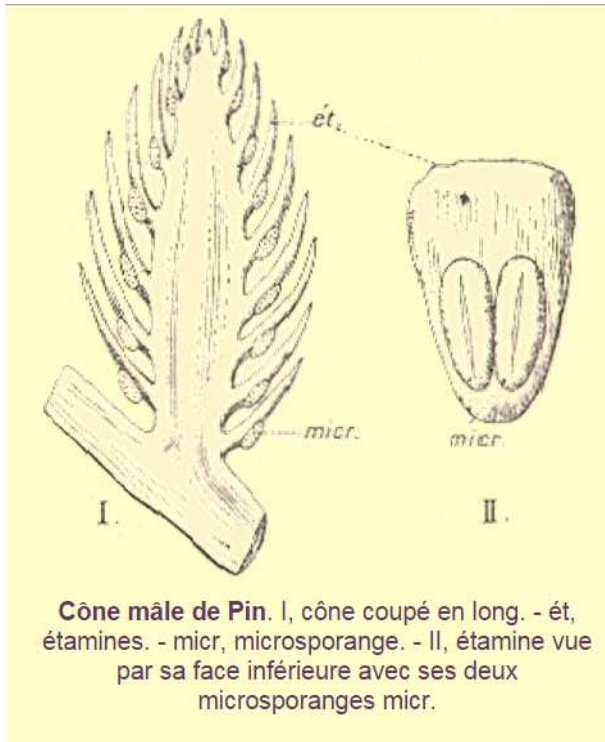
A - Appareil reproducteur mâle et production des grains de pollen (ex pin d'Halep).

Le cône mâle est constitué d'un certain nombre d'écailles organisées autour d'un axe. Chaque écaille porte sur sa face inférieure deux microsporangies qui contiennent les grains de pollen. Chaque écaille peut être considérée comme une étamine. Le cône tout entier est donc une fleur mâle monosexuée.



Au niveau des microsporangies les cellules mères ($2n$) subissent la méiose qui donne des cellules haploïdes (n) ; sorte de « spores ». Chaque cellule haploïde subit une mitose pour donner un grain de pollen constitué de deux cellules, une cellule végétative et une cellule gamétogène. Le grain de pollen porte deux ballonnets qui facilite la dissémination par le vent.





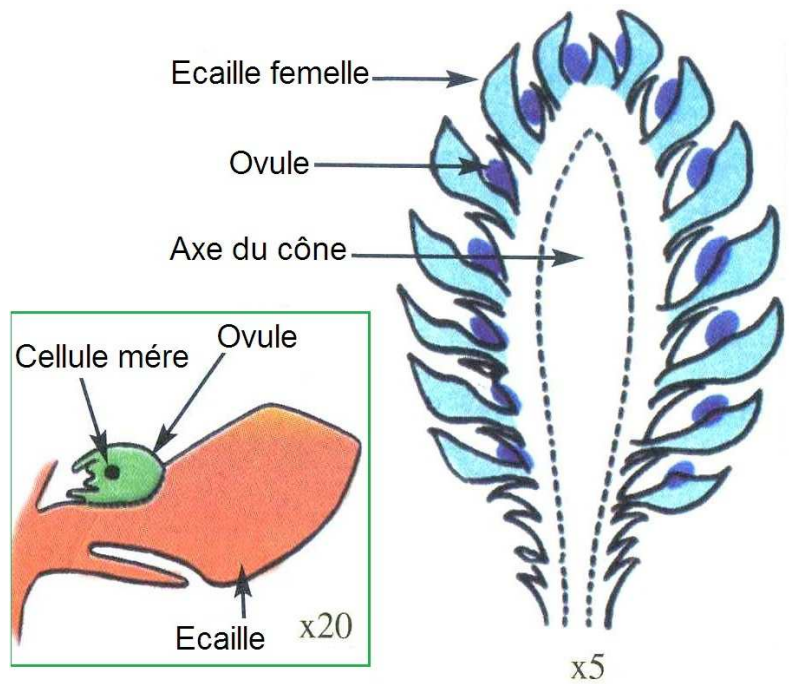
B - Appareil reproducteur femelle.

• Structure générale du cône femelle.

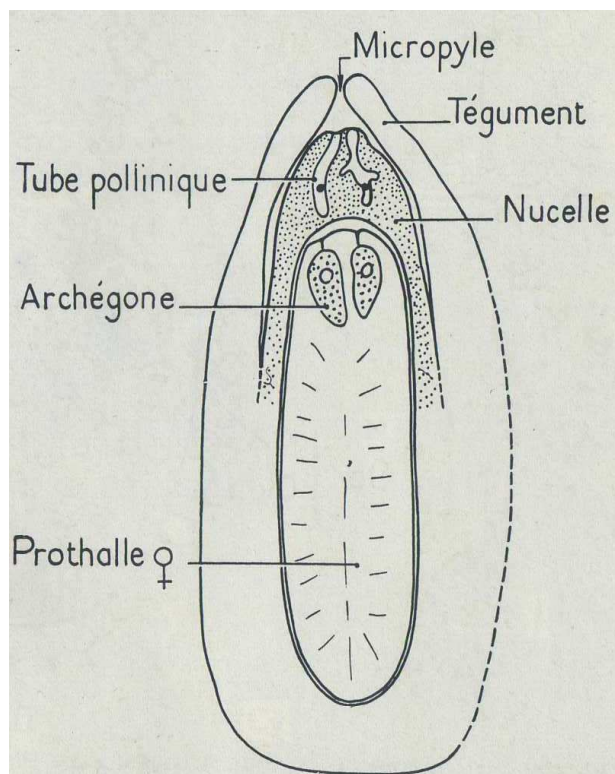
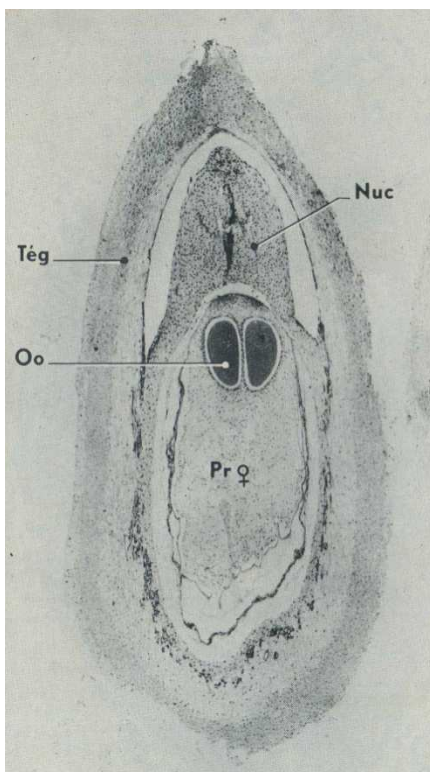
Le cône femelle est constitué de plusieurs écailles. Chaque écaille porte sur sa face supérieure deux ovules. On parle d'écaille ovulifère qui peut être considérée comme un carpelle. Ainsi le cône tout entier est une fleur femelle monosexuée. Le cône femelle a besoin d'environ 4 ans pour devenir mature et ainsi libérer les graines.

• Structure de l'ovule.

Chaque ovule est entouré de téguments et renferme un tissu dit nucelle ; en plus de l'endosperme qui représente le gamétophyte femelle. L'endosperme porte 2 à 3 archégonies. Les téguments laissent une ouverture qui s'appelle micropyle.



Observation microscopique d'une coupe longitudinale d'un cône femelle et schéma interprétatif



Observation microscopique d'une coupe longitudinale d'un ovule mature et schéma interprétatif.

- **Formation de l'endosperme.**

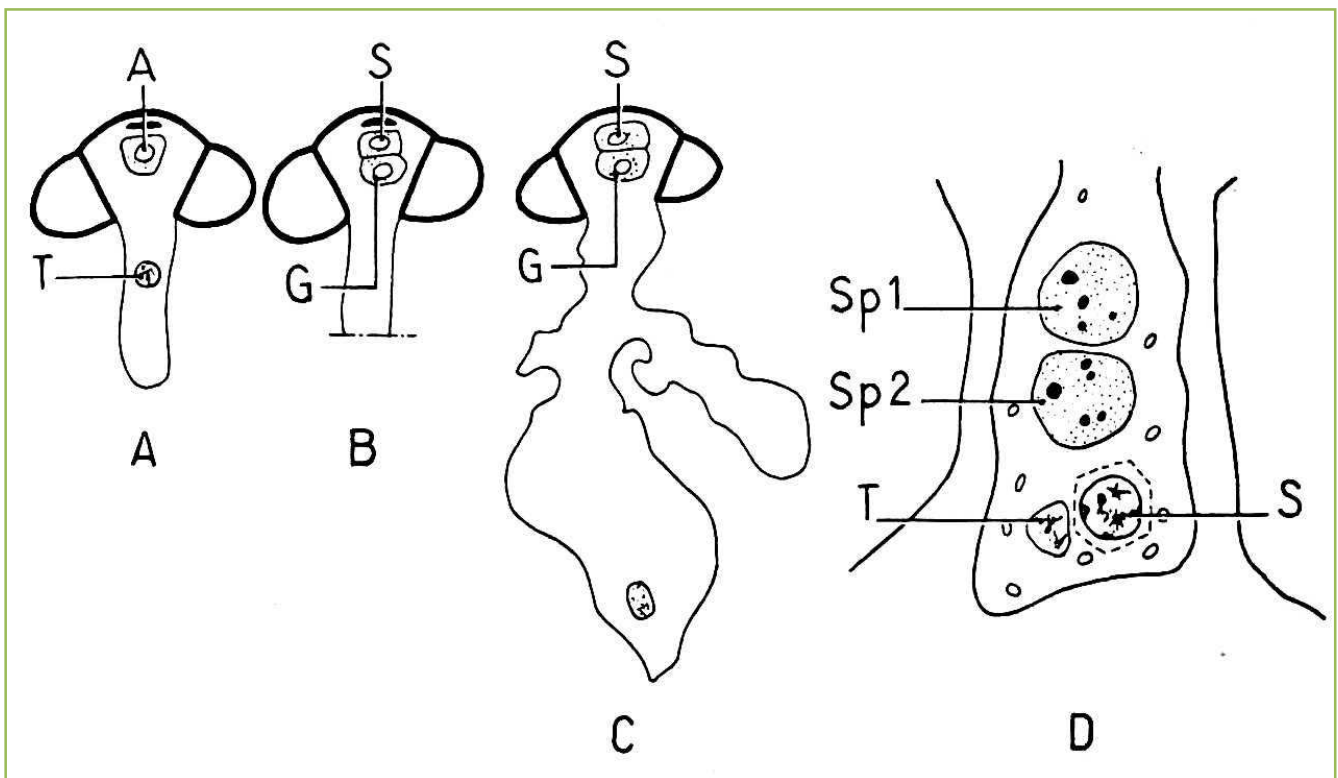
Au cours de la première année une cellule diploïde ($2n$) au sein de l'ovule subit une méiose et donne 4 cellules haploïdes dont 3 dégénèrent. La cellule restante se développe par mitose et donne l'endosperme. Le développement de l'endosperme s'arrête pour reprendre durant la deuxième année. Ainsi apparaissent 2 à 3 archégonies dont chacune contient une oosphère (gamète ♀).

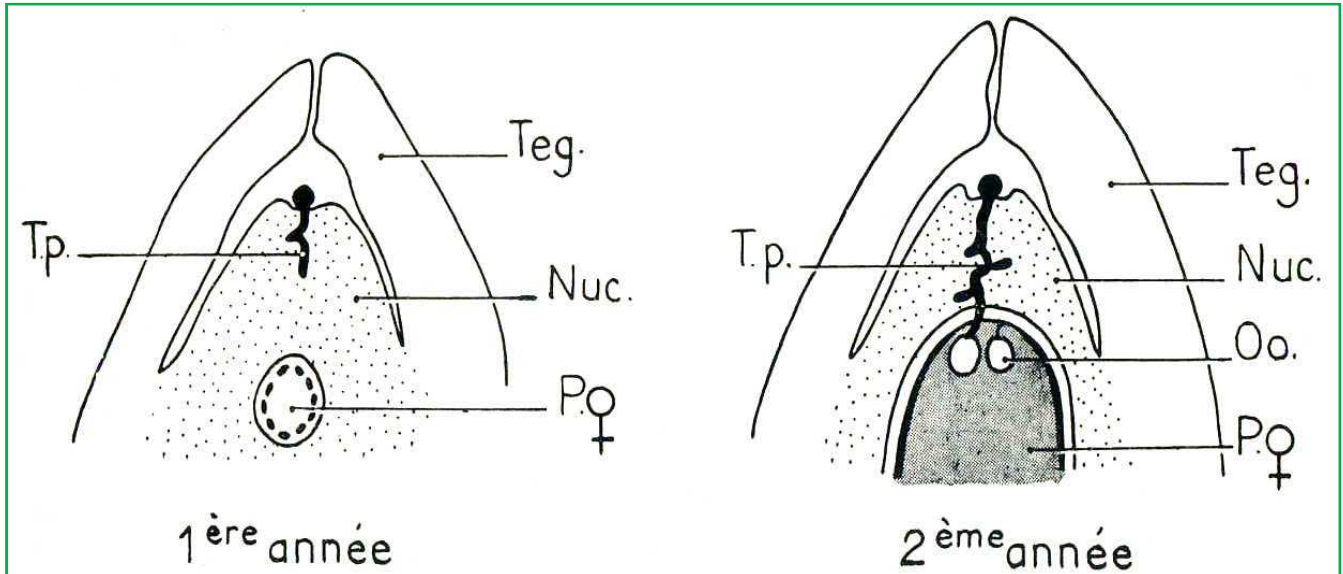


C – De la pollinisation à la germination de la graine.

Emportés par le vent, quelques grains de pollen finissent par arriver, via le micropyle de l'ovule, à la surface du nucelle. C'est la pollinisation. A ce moment, chaque grain de pollen germe et émet un **tube pollinique** qui pénètre à travers le nucelle jusqu'à une oosphère. Ce tube pollinique transporte deux noyaux végétatifs et, à son extrémité, deux gamètes mâles ou anthérozoïdes au cytoplasme très réduit. Les deux gamètes mâles sont produits par une mitose que subit la cellule reproductrice.

Plusieurs tubes polliniques issus de plusieurs grains de pollen et nourris par le nucelle peuvent se côtoyer. Lorsqu'un tube pollinique atteint une oosphère, son extrémité s'ouvre et des deux anthérozoïdes libérés, l'un féconde le gamète femelle qui devient un zygote et l'autre se dégénère.





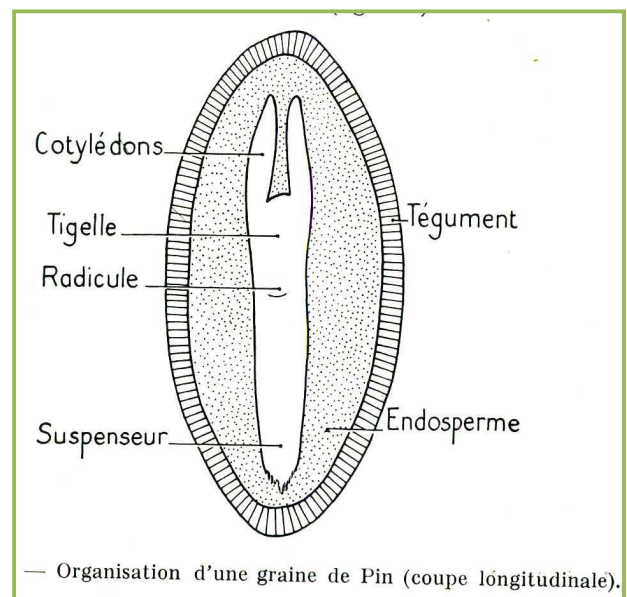
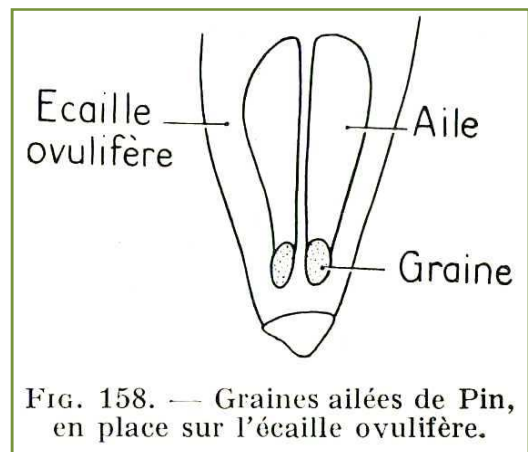
De tous les zygotes formés, un seul se développe par ovule; les autres dépérissent et disparaissent. L'embryon croît par division en se nourrissant du gamétophyte femelle ou mégagamétophyte, réserve appelée **endosperme**.

Les premières futures feuilles apparaissent sous forme des **cotylédons** qui puisent leurs réserves dans l'endosperme. Le tégument de l'ovule entoure désormais la **graine**.

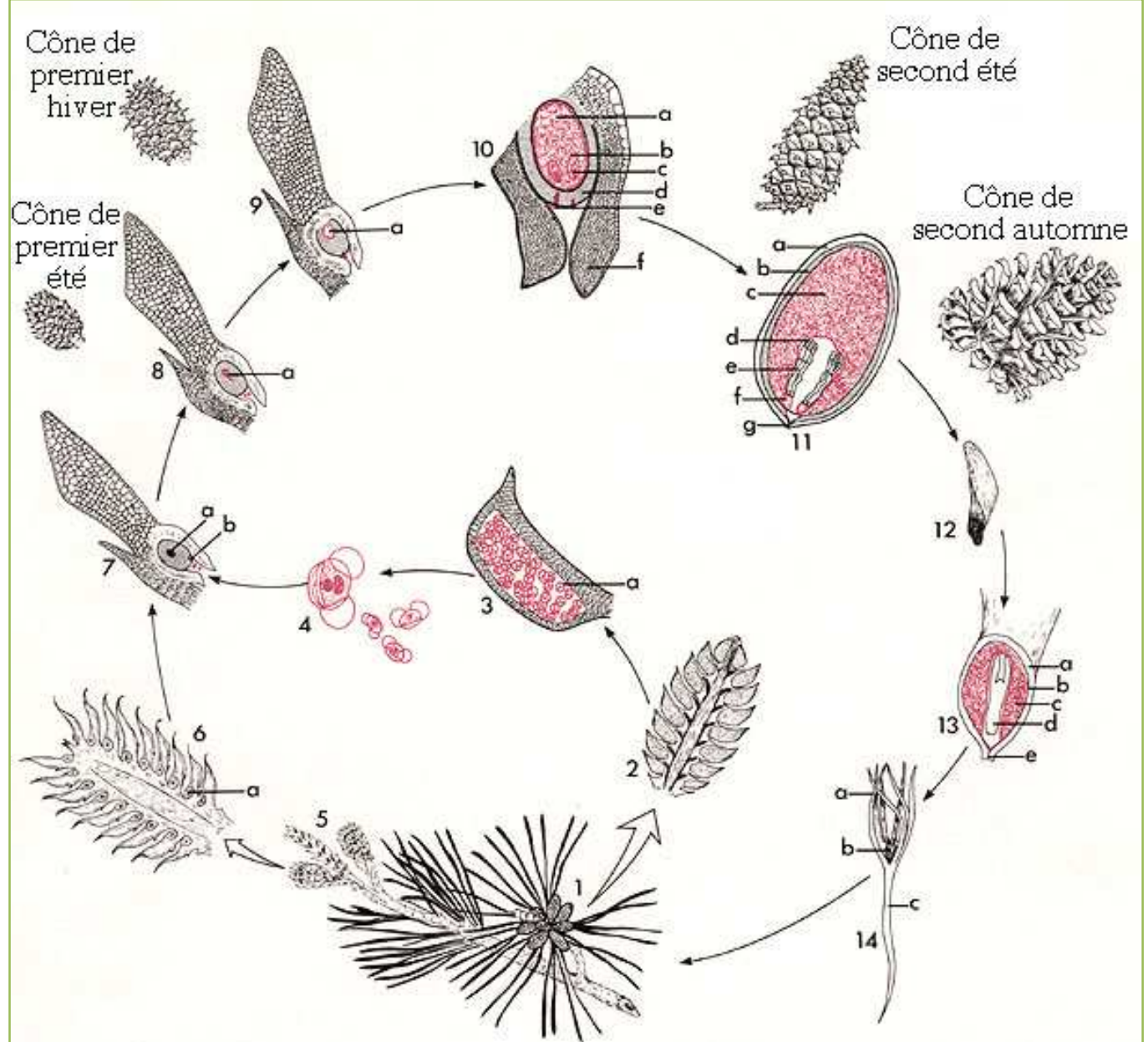
La graine, attachée à une fine aile facilitant sa dispersion par le vent, est donc faite d'une **plantule** diploïde ($2n$) provenant de la fécondation, de l'endosperme haploïde car représentant le gamétophyte ♀ (n), et du nucelle et du tégument diploïde du sporophyte parental ($2n$).

L'écartement des écailles des cônes femelles libère les graines dont la dissémination par le vent est favorisée par une aile.

La germination de la graine donne naissance à une nouvelle plante feuillée (Sporophyte).







Le cycle de vie des conifères (genre *Pinus* par exemple) est calqué sur celui des angiospermes.

Cycle Haplodiplophasique à dominance de la diplophase

1 Cônes ♂ (printemps) / Cônes ♂ / 3 Microsporophylle (écaille) / a Tétrade de microspores
 / 4 Pollen mature (microgamétophyte) / 5 Cône ♀ (printemps) / 6 Cône ♀ / a Ovule / 7 Mégasporophylle (écaille) / a Cellule-mère de mégaspore / b Nucelle / 8 Mégasporophylle (écaille ovulifère) / a Tétrade de mégaspores / 9 Mégasporophylle / a Mégagamétophyte / 10 Ovule (13 mois) / a Mégagamétophyte / b Archégone / c Noyau de l'oosphère / d Nucelle / e Pollen ayant germé / f Tégument / 11 Ovule (14 mois) / a Tégument / b Nucelle / c Tissu du mégagamétophyte / d Embryon / e Suspenseur / f Archégone / g Micropyle / 12 Graine ailée / 13 Ovule mature / a Tégument / b Nucelle / c Tissu du mégagamétophyte / d Embryon / e Micropyle / 14 Germination de la graine / a Cotylédon / b Plumule / c Radicule.