

CHAPITRE I : LA FECONDATION CHEZ LES ANGIOSPERMES

1- La gamétogénèse

La fleur est une structure spécialisée caractéristique des angiospermes. Sa formation enclenche le cycle de reproduction sexuée dont l'étape initiale est la "Gamétogénèse" : formation des gamétophytes et des gamètes.

La gamétogénèse, a lieu dans des organes sexuels différents selon qu'il s'agisse des gamètes mâles ou femelles:

1.1- La gamétogénèse mâle

La gamétogénèse mâle ou microgamétogénèse est la production des gamétophytes mâles (microgamétophytes ou grains de pollen) et des gamètes mâles ou anthérozoides. Ils sont produits dans les étamines au niveau des loges polliniques des anthères après leur formation.

1.1.2- Formation des grains de pollen mûrs

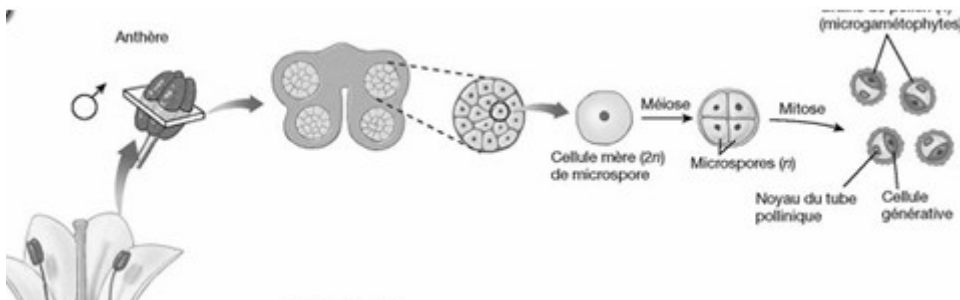
Dans le développement des tissus sporogènes mâles, la microgamétogénèse présente (02) phases:

- la microsporogénèse (comprend la formation des microspores)
- la palynogénèse (correspond à la transformation de microspores en grains de pollen mûrs)

Pendant la différenciation de l'étamine, les sacs polliniques s'individualisent. Ils renferment un massif central **d'archéospores** complètement entouré d'une assise nourricière, le **tapis**, qui se désintègrera au cours de la maturation du pollen. Vers l'extérieur de l'anthère, le tapis est renforcé par plusieurs assises cellulaires et d'un épiderme.

Les archéospores évoluent en **sporocytes** ou cellules-mères de microspores qui subissent une **méiose** conduisant à la formation d'une **tétrade** de cellules haploïdes séparées par la paroi de **callose** (β 1-3 glucane). Celles-ci finissent, grâce à l'enzyme "**callase**" par s'individualiser en microspores libres : c'est la **microsporogénèse**

Après avoir subit des mitoses et plusieurs transformations, les très nombreuses microspores deviennent alors des grains de **pollen mûrs** ou gamétophyte **mâle** : **c'est la palynogénèse**, étape où les microspores subissent des divisions mitotiques asymétriques donnant lieu à une grande cellule, **la cellule végétative** et à une cellule plus petite, **la cellule générative ou reproductrice** produisant 2 cellules gamétiques mâles (les anthérozoides).



1.1.3- Organisation d'un grain de pollen mur

Les grains de pollen est le gamétophyte qui produit les gamètes males et qui est disséminé pour permettre la fécondation. Ils sont généralement de structure sphérique d'un diamètre qui va de 7 μm à 150 μm , et constitués :

- d'un manteau pollinique épais formé d'**exine** à l'extérieur et d'**intine** à l'intérieur ;

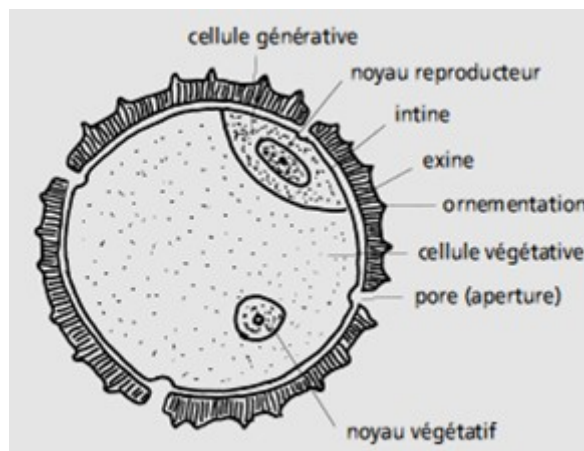
* **L'exine** est constituée de sporopollénine, une molécule imputrescible. Elle comporte des **apertures** (points de moindre résistance, qui permettront l'émission du **tube pollinique** qui fécondera l'ovule), elle est ornementée et fortement cuticularisée résiste à la plupart des dégradations chimiques et biologiques

* **L'intine** mince et fragile, est constituée de **cellulose** non modifiée et d'autres **polysaccharides**

- de 2 cellules haploïdes :

* **La cellule végétative**, sa première fonction est d'assurer la survie du grain de pollen, sa seconde fonction est de fabriquer le tube pollinique.

* **La cellule reproductrice** est petite, excentrée et entourée par la cellule végétative, le **noyau génératif**, appelé **spermatogène**, contient le matériel génétique. Il donnera les deux gamètes mâles ou anthérozoïdes qui auront chacun leur rôle lors de la double fécondation de l'ovule.



Représentation schématique d'un grain de pollen mur

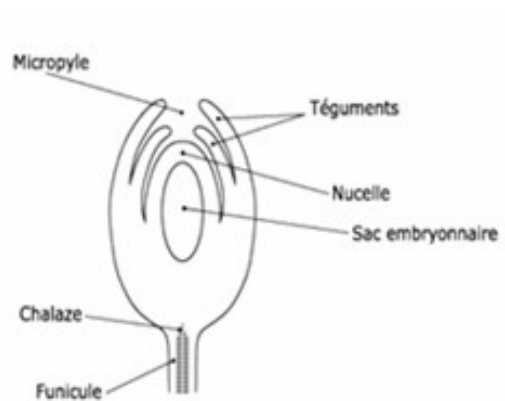
1.2- La gamétogénèse femelle

La **gamétogénèse femelle** ou mégagamétogénèse ou macrogamétogénèse est la Formation du sac embryonnaire = gamétophyte femelle ou mégagamétophyte avec 2 gamètes femelles : l'oosphère et la cellule centrale. Elle a lieu dans un ovule de la plante, à la base d'un carpelle (ovaire)

1.2.1- Structure de l'ovule

l'ovule présente une organisation relativement complexe, on distingue :

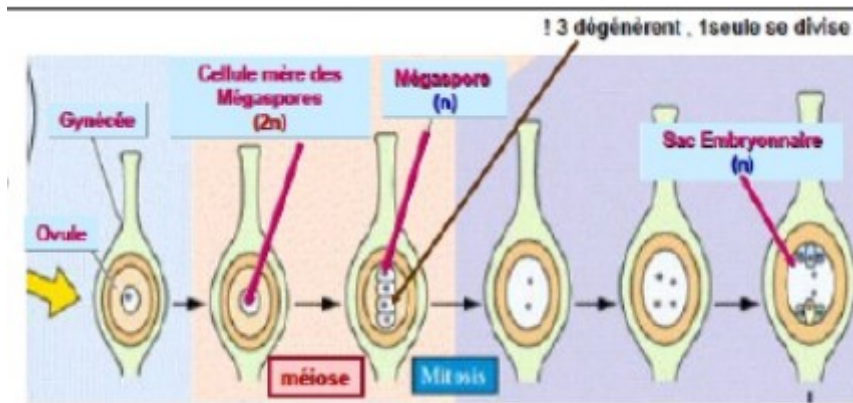
- Le **Placenta** : Partie de l'ovaire à laquelle sont fixés les ovules, directement ou par l'intermédiaire d'un funicule.
- le **funicule** : sorte de cordon dans le coté inférieur de l'ovule, attachant celui-ci au placenta
- la **chalaze** : point correspondant au niveau précis où divergent les faisceaux cribro-vasculaires qui irriguent l'ovule.
- De **2 téguments** (constitués de cellules à $2n$): le **tégument externe (secondine)** et le **tégument interne (primine)**.
- **Du hile** : endroit précis où l'ovule est relié au funicule.
- le **micropyle** : c'est l'ouverture apicale étroite ménagée par le(s) tégument(s)
- le **nucelle** : partie interne de l'ovule qui contient le sac embryonnaire;
- le **sac embryonnaire** : gamétophyte femelle qui, après fécondation, abritera un embryon diploïde et un albumen triploïde;



jeune ovule

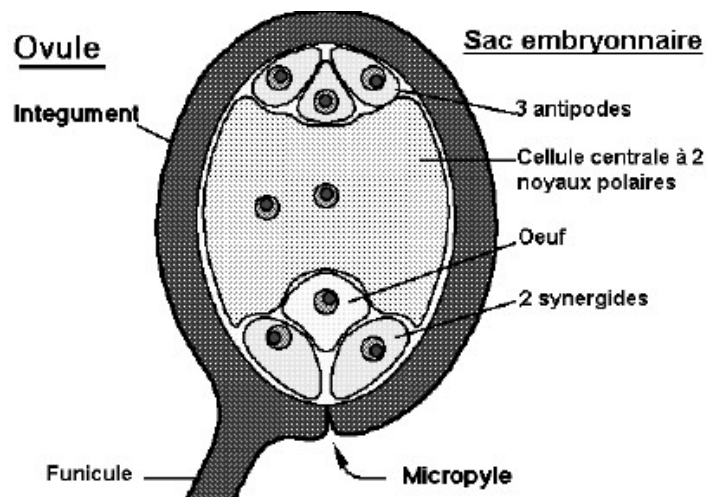
1.2.2 - Formation et structure du mégagamétophyte (sac embryonnaire)

Dans les jeunes ovules, on distingue au voisinage du micropyle une cellule volumineuse (**mégaspore**) dont le noyau contient $2n$ chromosomes : c'est la cellule mère du sac embryonnaire. Elle doit subir **une méiose** (division réductionnelle) aboutissant à 4 cellules superposées à n chromosomes chacune. **3 des 4 cellules dégénèrent et disparaissent**, tandis que la 4^{ème} grossit et subit 3 **mitoses** pour donner 8 cellules libres réparties en 2 lots de 4 cellules à chaque pôle du sac embryonnaire. De chacun des 2 lots, une cellule se déplace vers le centre du sac embryonnaire et peuvent fusionner en une cellule centrale à 2 noyaux polaires ou noyaux accessoires.



Le sac embryonnaire mature est ainsi formé :

- de l'oosphère, près du micropyle
- de 2 synergides de chaque coté de l'oosphère (elles attirent et guident les tubes pollinique).
- de 3 cellules dites antipodes, près de la chalaze
- d'une cellule centrale qui contient **les 2 noyaux polaires**,



Structure du sac embryonnaire mature

2- La fécondation

Avant la fécondation, on va avoir plusieurs étapes :

- La pollinisation
- La germination des grains de pollens sur le stigmate
- La progression du tube pollinique à travers les tissus du gynécée.

2.1 La pollinisation

La pollinisation est le transport du pollen de l'appareil reproducteur mâle ou androcée après la déhiscence de l'anthère vers l'appareil reproducteur femelle ou gynécée précisément sur le stigmate. Elle est suivie de sa germination et de la formation du tube pollinique.

-- Modes de pollinisation :

Il existe deux modes de pollinisation

* Pollinisation directe ou autopolinisation ou autogamie

Dans ce cas, le stigmate d'une fleur est pollinisé par le pollen de la même fleur lorsque celle-ci est **hermaphrodite** ou par une fleur portée par la même plante lorsque les fleurs sont unisexuées et l'espèce monoïque (gymnospermes).

* Pollinisation croisée ou allopollinisation ou allogamie

Dans ce cas le pollen d'une fleur donnée est transporté sur le stigmate d'une autre fleur, les 2 fleurs étant séparées dans l'espace, autrement dit non portées par la même plante.

La pollinisation croisée peut être favorisée :

- par l'existence de fleurs mâles et de fleurs femelles sur des pieds différents,
- par la présence d'organes reproducteurs n'ayant pas leur maturité en même temps : le pollen est libéré avant, alors que le stigmate est immature ou le stigmate est réceptif alors que les étamines sont encore jeunes - par l'existence de structures empêchant le pollen de se déposer sur le stigmate de la même fleur

-- Les agents pollinisateurs

Les grains de pollen sont inertes et leur transport jusqu'à un stigmate est assuré par des agents pollinisateurs externes.

* 20% des Angiospermes sont pollinisées par le vent et leurs grains de pollen sont adaptés à cela : on parle de pollinisation **anémophile** ou **d'anémogamie**.

* Les espèces végétales peuvent être pollinisées par les insectes. Ces espèces se distinguent par des fleurs de couleurs vives, parfumées et riches en nectar. Cela attire des abeilles, des bourdons, des papillons ou des coléoptères. on parle de pollinisation **entomophiles** ou **d'entomogamie**

* le pollen peut être transporté par des animaux dont par exemples les oiseaux, des mammifères, des escargots : c'est la pollinisation **zoophile** ou **Zoogamie**

* une infime partie de plantes est pollinisée par l'eau. Ce mode de propagation se rencontre chez les plantes aquatiques qui vivent immergées dans l'eau ou poussent à sa surface. On parle de pollinisation **hydrophile** ou **d'hydrophilie**

3.2 Germination du grain de pollen

La fin de la gamétogenèse mâle a lieu après la pollinisation. Le grain de pollen mûr déshydraté arrive au niveau du stigmate, il est d'abord reconnu, puis accepté et retenu par une substance liquide, collante.

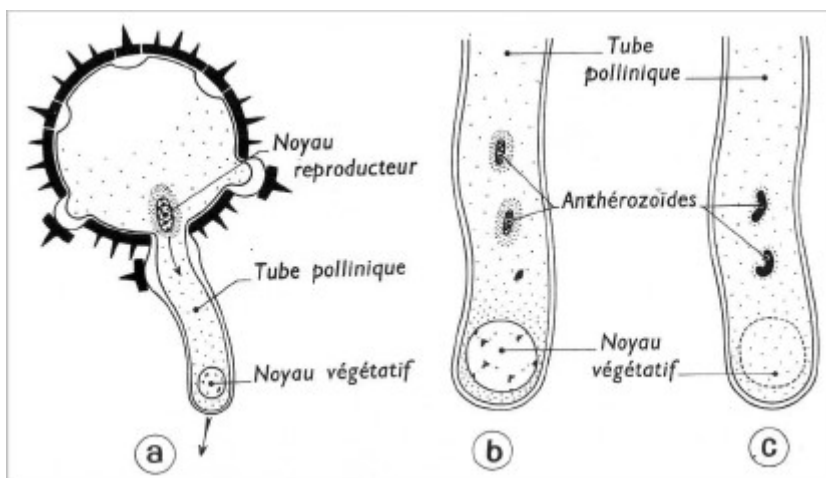
Une différence de potentiel osmotique entre le grain de pollen et les tissus récepteurs du pistil entraîne un mouvement d'eau vers le pollen. Le grain de pollen est alors hydraté, sa taille augmente. Lorsque les ovules arrivent à maturité, les grains de pollens germent. Sous l'effet de la turgescence et grâce à l'acidité de la cellule végétative, l'intine sort d'une ouverture et s'allonge en un tube pollinique : **C'est la germination.**

-- Allongement du tube pollinique

Les noyaux de la cellule **végétative** et de la cellule **généralive** migrent le long du tube.

Le **noyau végétatif** entraîné dans le tube pollinique est le premier à suivre le mouvement du cytoplasme.

La **cellule spermatogène** suit après au fur et à mesure de l'allongement du tube pollinique. Au cours de son déplacement elle subit une mitose et lorsque le tube pollinique entre en contact avec le nucelle, le noyau de la **cellule généralive** donne deux gamètes mâles (anthérozoïdes) sans flagelles. A ce stade la gamétogenèse mâle est terminée.



3.3 La double fécondation

Au niveau du sac embryonnaire on assiste au phénomène de **la double fécondation**. Ce mode de fécondation est appelé **siphonogamie** (transfert par le tube pollinique de deux gamètes mâles, jusqu'à l'oosphère et le (ou les) noyau(x) polaire(s))

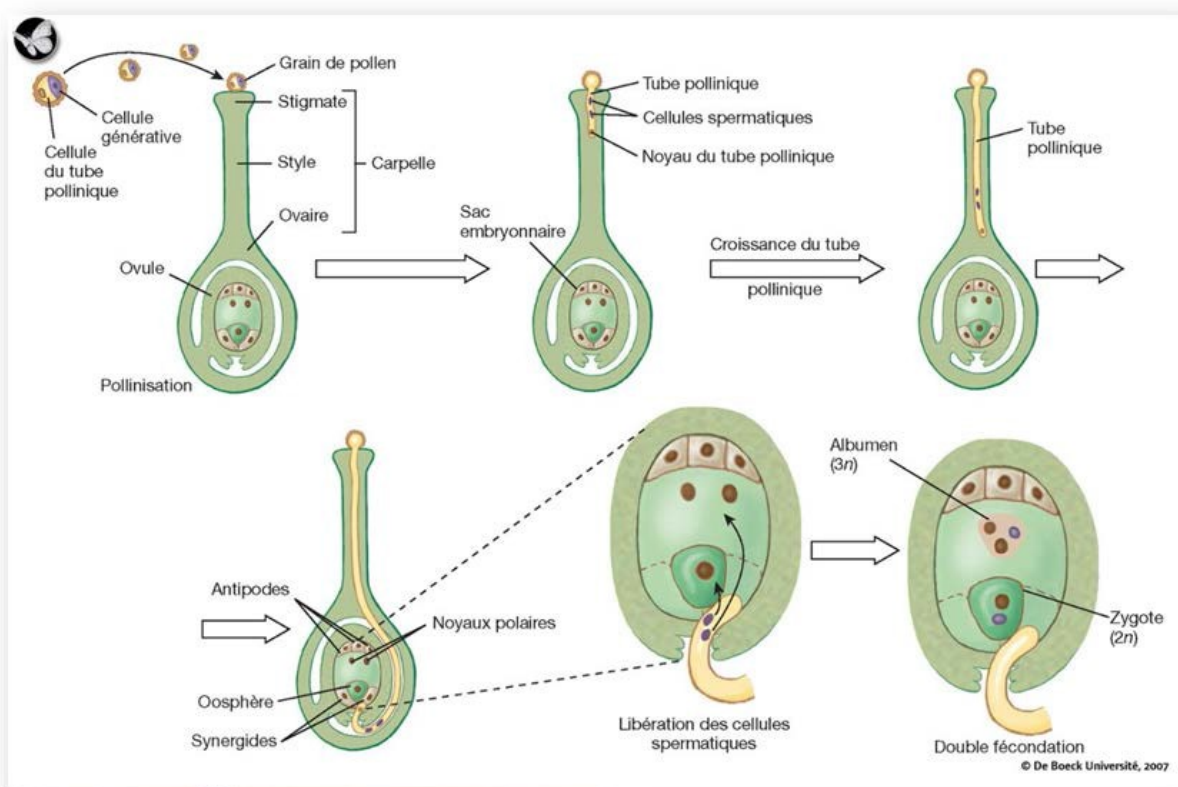
Le tube pollinique traverse le nucelle, pénètre dans l'ovule par le micropyle et arrive au niveau de la partie supérieure du sac embryonnaire, du côté du complexe gamétique (oosphère+ synergides).

Lorsque le tube pollinique se rapproche de l'ovule, le noyau végétatif dégénère.
Le tube pénètre dans le sac embryonnaire en écartant les synergides pour se rapprocher de l'oosphère.

A ce moment l'extrémité du tube se lyse pour libérer les 2 anthérozoides :

- l'un des anthérozoides se dirige vers l'oosphère pour donner le zygote principal ($2n$) qui sera à l'origine de l'embryon
- l'autre se dirige vers les noyaux polaires pour donner l'œuf secondaire ($3n$) ou accessoire à l'origine de l'**albumen**, 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.



Pollinisation et fécondation chez les angiospermes

3- Formation de la graine

Pendant le développement de l'embryon et de l'albumen, l'ovule se développe considérablement en augmentant de volume, il devient une graine.

Les téguments et le nucelle subissent les transformations suivantes:

- Les téguments

Les parois des cellules qui constituent les 2 téguments s'épaississent et se lignifient plus ou moins selon les espèces. Ils deviennent téguments de la graine qui assurent la protection

Le nucelle persiste et se transforme en s'enrichissant de réserves, il devient un tissu nourricier. Sa transformation varie selon les espèces pour constituer différents types de graines :

*** Graines à périspermes**

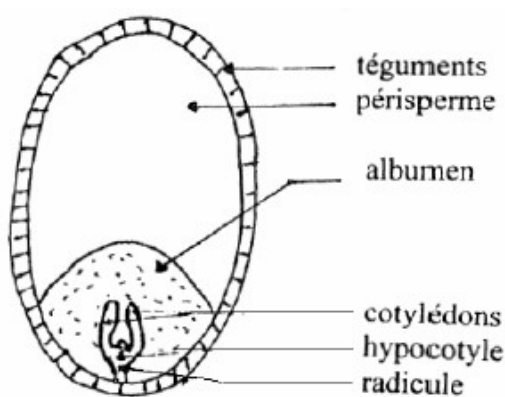
Si la digestion du nucelle par l'albumen n'est pas complète, les restes du nucelle prennent le nom de **périsperme**

*** Graines albuminées ou à albumen**

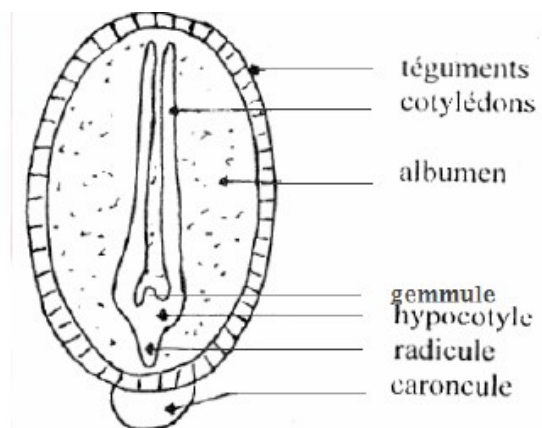
Le nucelle est détruit progressivement jusqu'à disparaître complètement, digéré par l'albumen, qui se développe en devenant volumineux. L'albumen devient alors un tissu nourricier.

*** Graines exalbuminées ou sans albumen**

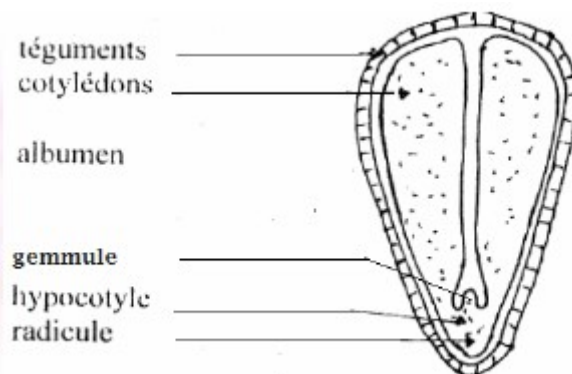
le nucelle disparaît complètement digéré par l'albumen, qui est lui-même complètement digéré par l'embryon au cours de son développement. Ce dernier met alors en réserve les substances nutritives au niveau de ses cotylédons qui deviennent très volumineux, occupant la totalité de la graine.



Graine à périsperme



Graine albuminée



Graine exalbuminée

