

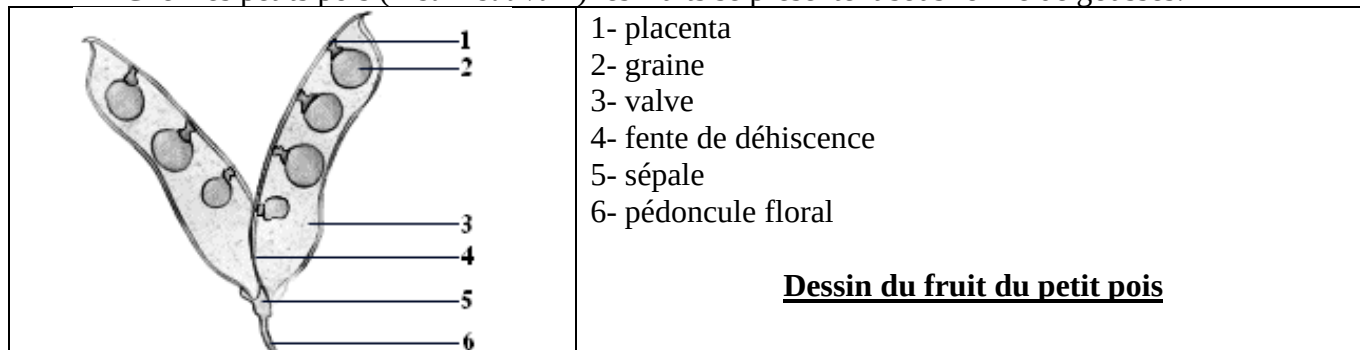
La reproduction sexuée chez les angiospermes

A- Définition :

Les angiospermes sont des plantes à fleurs (organes de la reproduction sexuée) et dont les graines sont enfermées dans un fruit.

B- Observation d'un fruit :

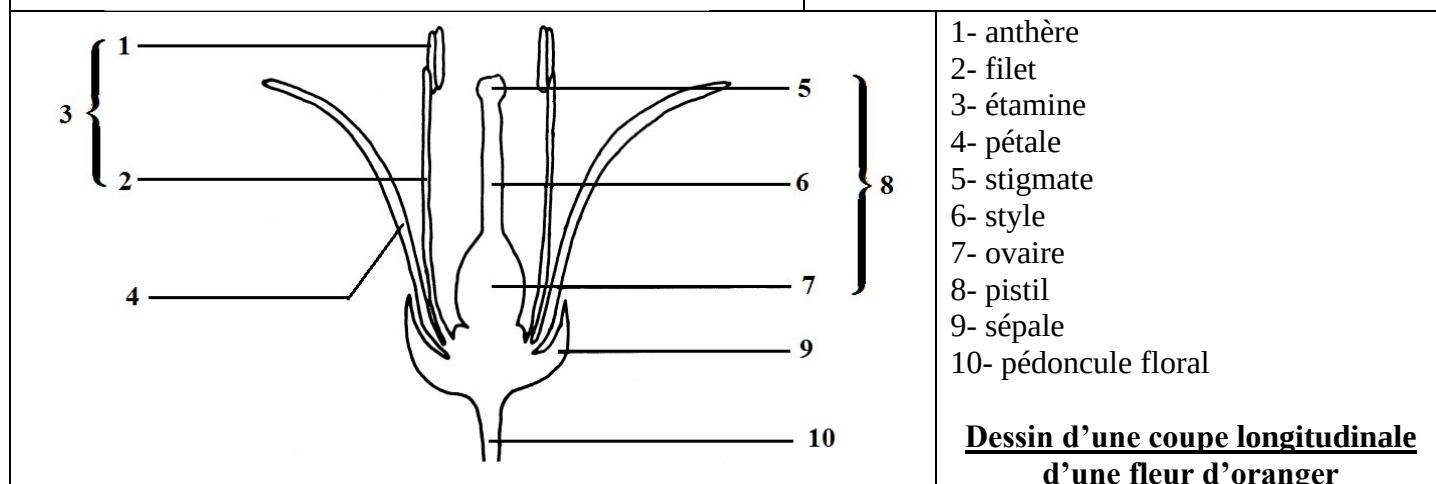
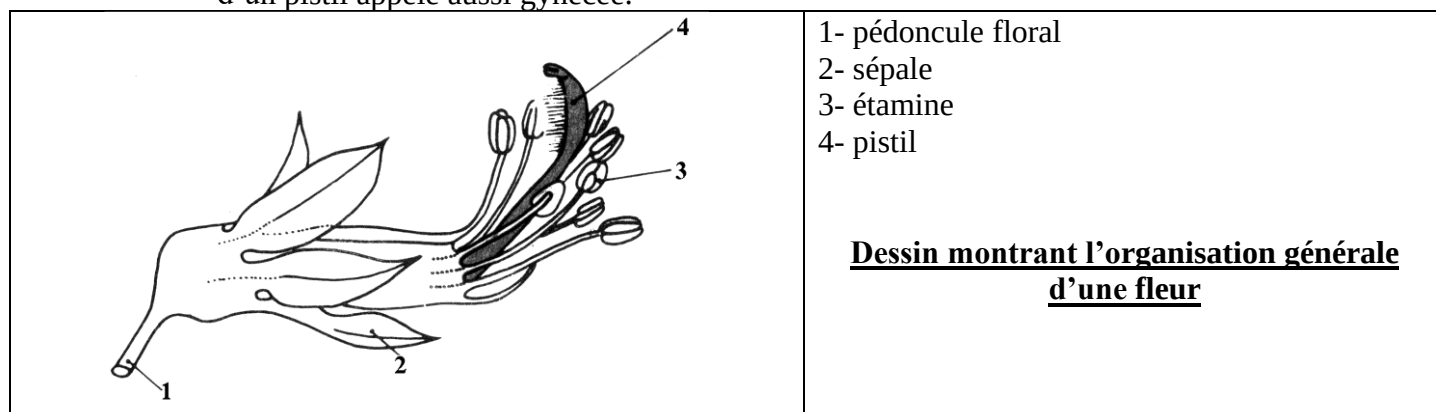
Chez les petits pois (*Pisum sativum*) les fruits se présentent sous forme de gousses.



C- Observation d'une fleur :

La fleur est constituée :

- d'un pédoncule floral.
- de sépales qui constituent le calice.
- de pétales qui forment la corolle.
- d'étamines dont l'ensemble forme l'androcée.
- d'un pistil appelé aussi gynécée.



D- Quel est l'origine du fruit :

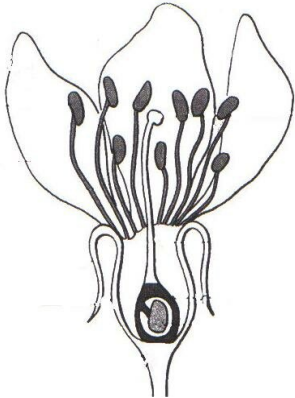
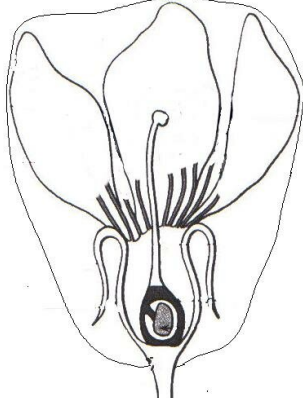
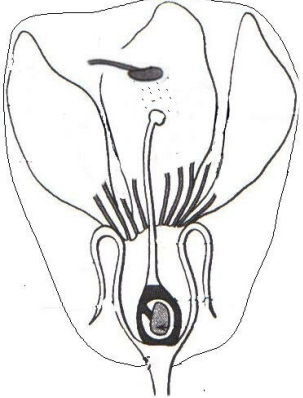
L'observation des fruits et des fleurs nous a montré qu'ils ont en commun plusieurs organes, comme le pédoncule floral, les sépales... Par contre on remarque l'absence du pistil et des étamines chez les fruits.

Remarque : quelquefois on trouve dans les fruits des étamines fanées.

E- Hypothèse :

On peut supposer que le fruit provient du développement de la fleur, et que le pistil et les étamines jouent un rôle important dans ce développement.

F- Vérification de l'hypothèse :

Expérience	 Fleur n'ayant subi aucune manipulation (expérience témoin)	 On sectionne les étamines, puis on enveloppe la fleur dans un sac transparent hermétique.	 On sectionne les étamines, puis on saupoudre le stigmate avec les grains de pollen contenues dans les anthères. La fleur est enfin enveloppée dans un sac transparent hermétique.
Résultat	La fleur se transforme en fruit	Le pistil conserve sa forme initiale.	La fleur se transforme en fruit

G- Conclusions :

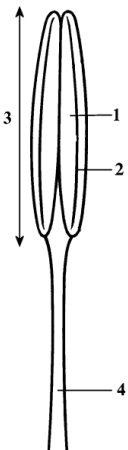
Le pistil et les étamines sont les organes reproducteurs de la fleur.
Le pistil pollinisé se transforme en fruit.

H- Les étapes de la transformation de la fleur en fruit :

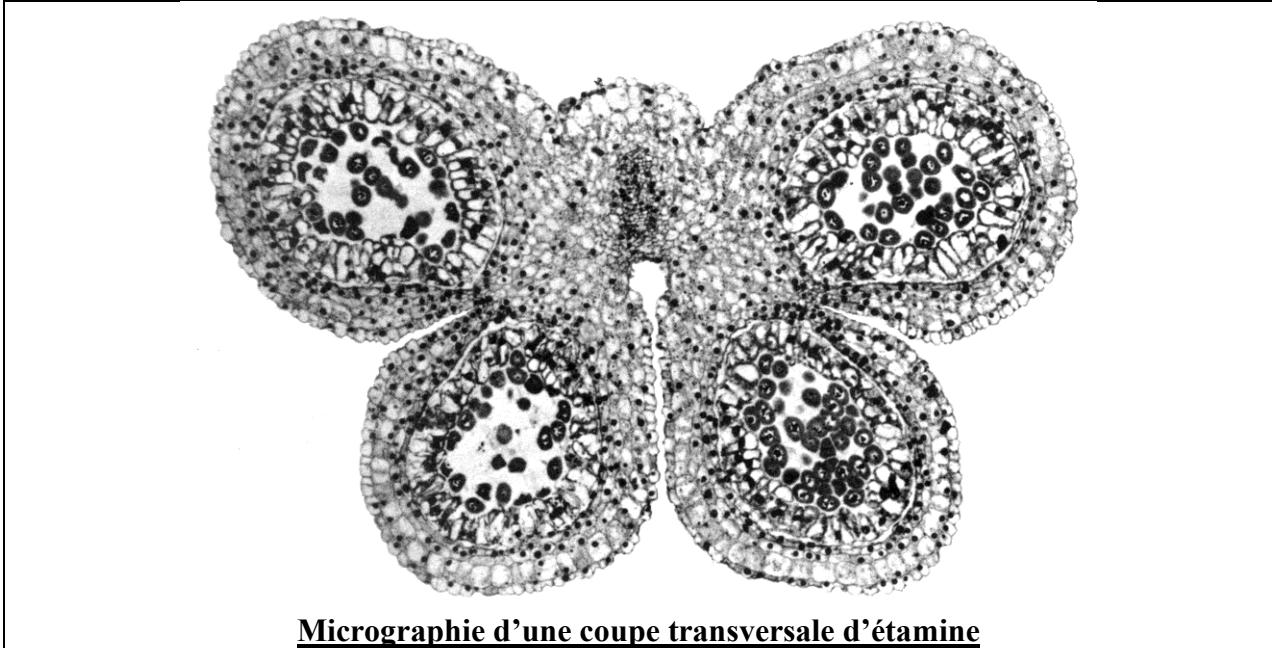
I- Formation et maturation des organes reproducteurs de la fleur :

1- L'étamine :

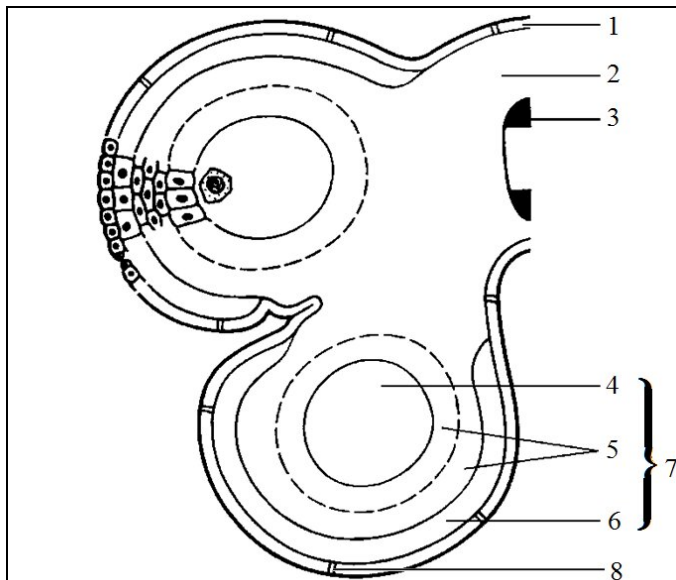
a- Structure de l'étamine :

	1- sac pollinique 2- fente de déhiscence 3- anthère 4- filet <u>Dessin d'une étamine (observée à la loupe binoculaire)</u>
---	--

b- Observation d'une coupe transversale d'étamine :



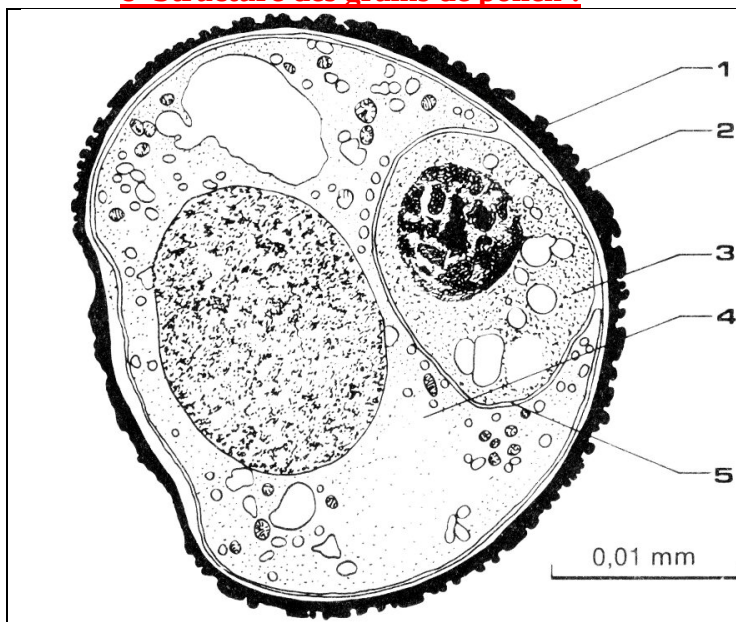
Micrographie d'une coupe transversale d'étamine



- 1- épiderme
- 2- parenchyme
- 3- faisceau conducteur
- 4- cellules mères du pollen
- 5- assises nourricières
- 6- future assise mécanique
- 7- sac pollinique
- 8- fente de déhiscence

Dessin d'une coupe transversale d'étamine
(Observé au microscope optique)

c- Structure des grains de pollen :



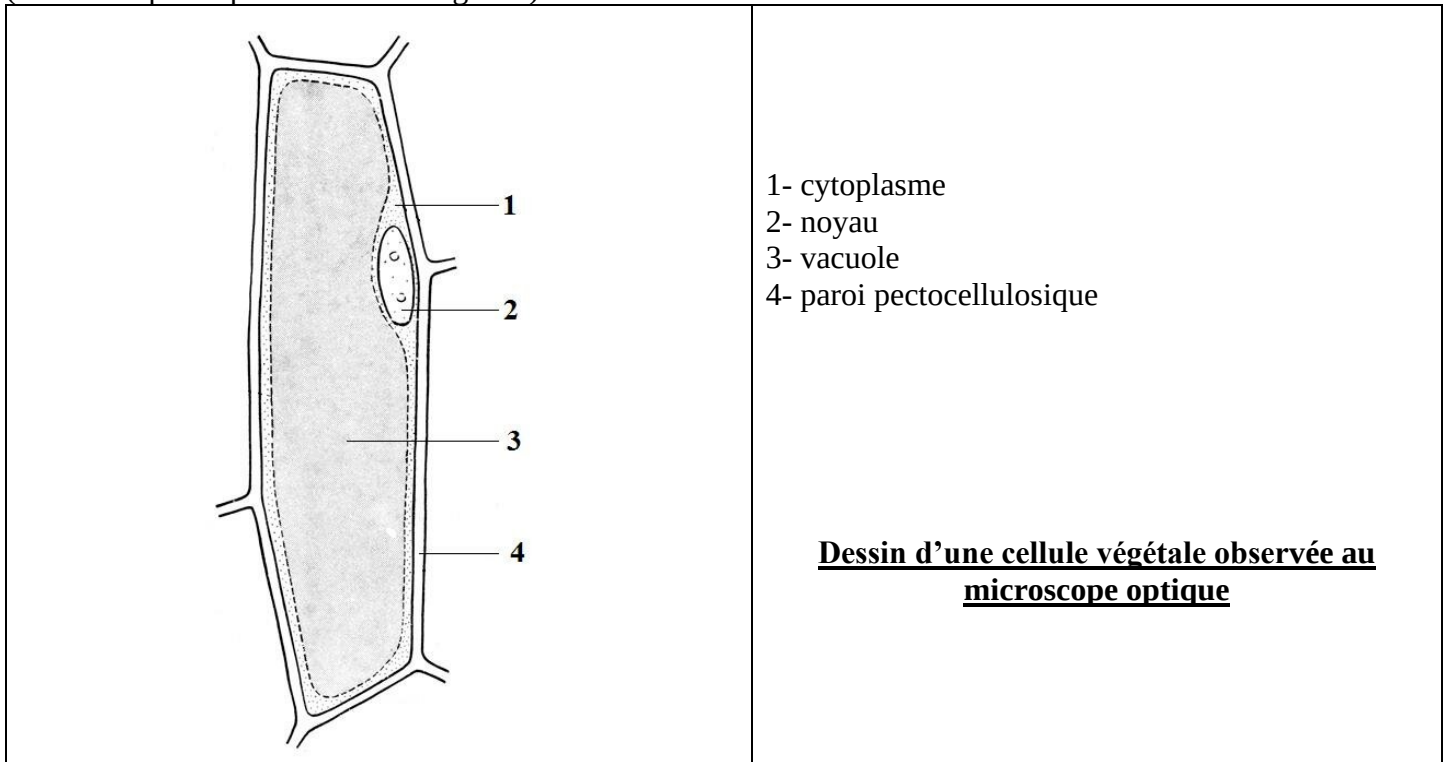
- 1- paroi externe
- 2- paroi interne
- 3- cellule reproductrice
- 4- cellule végétative
- 5- membranes cytoplasmiques (deux)

Dessin d'une coupe au niveau d'un grain de pollen
(observé au microscope électronique)

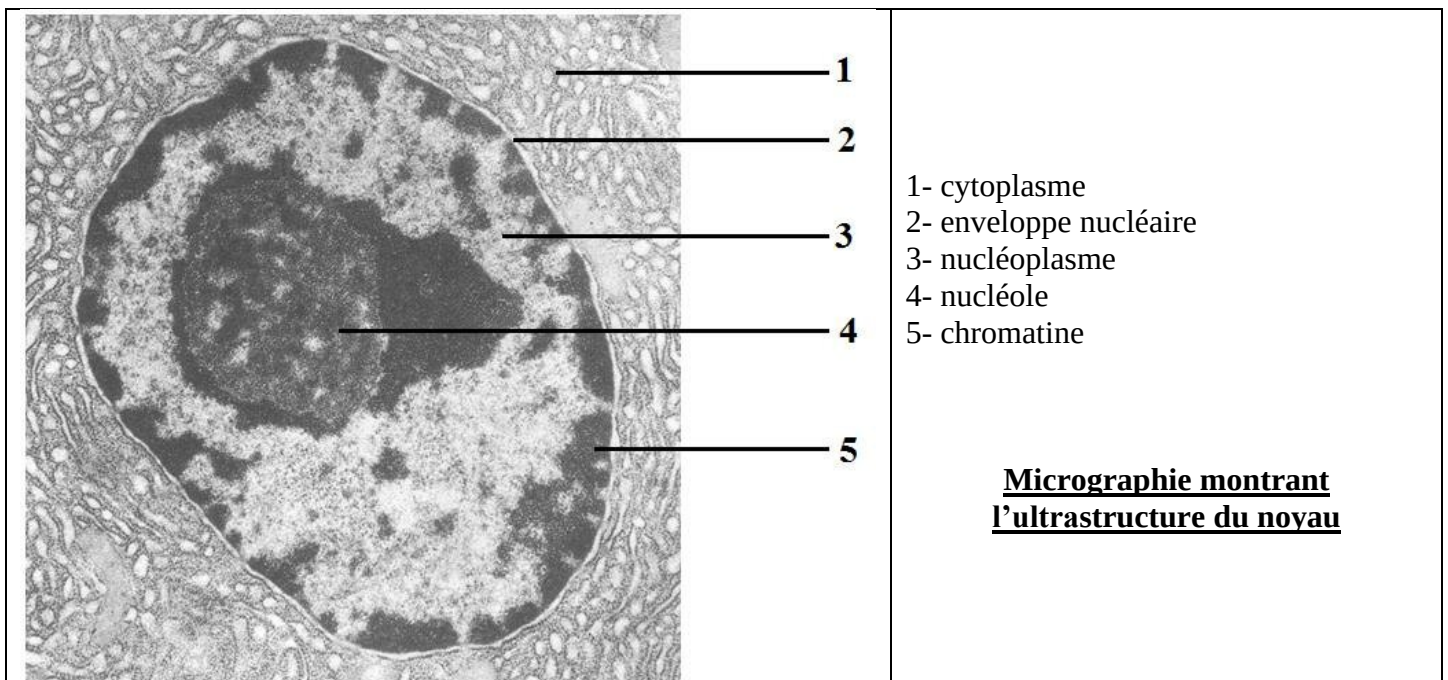
d- Formation des grains de pollen :

α- Données préliminaires :

Les êtres vivants sont formés de cellules (au moins une cellule). Les cellules sont formées de différents organites comme la membrane cytoplasmique, le cytoplasme, le noyau, la paroi pecto-cellulosique (structure spécifique à la cellule végétale) ...



Le noyau est l'organite qui contient le matériel génétique (responsable de la transmission des caractères héréditaires) de la cellule. Ce dernier est sous forme d'une molécule (ADN) qu'on trouve dans la chromatine.

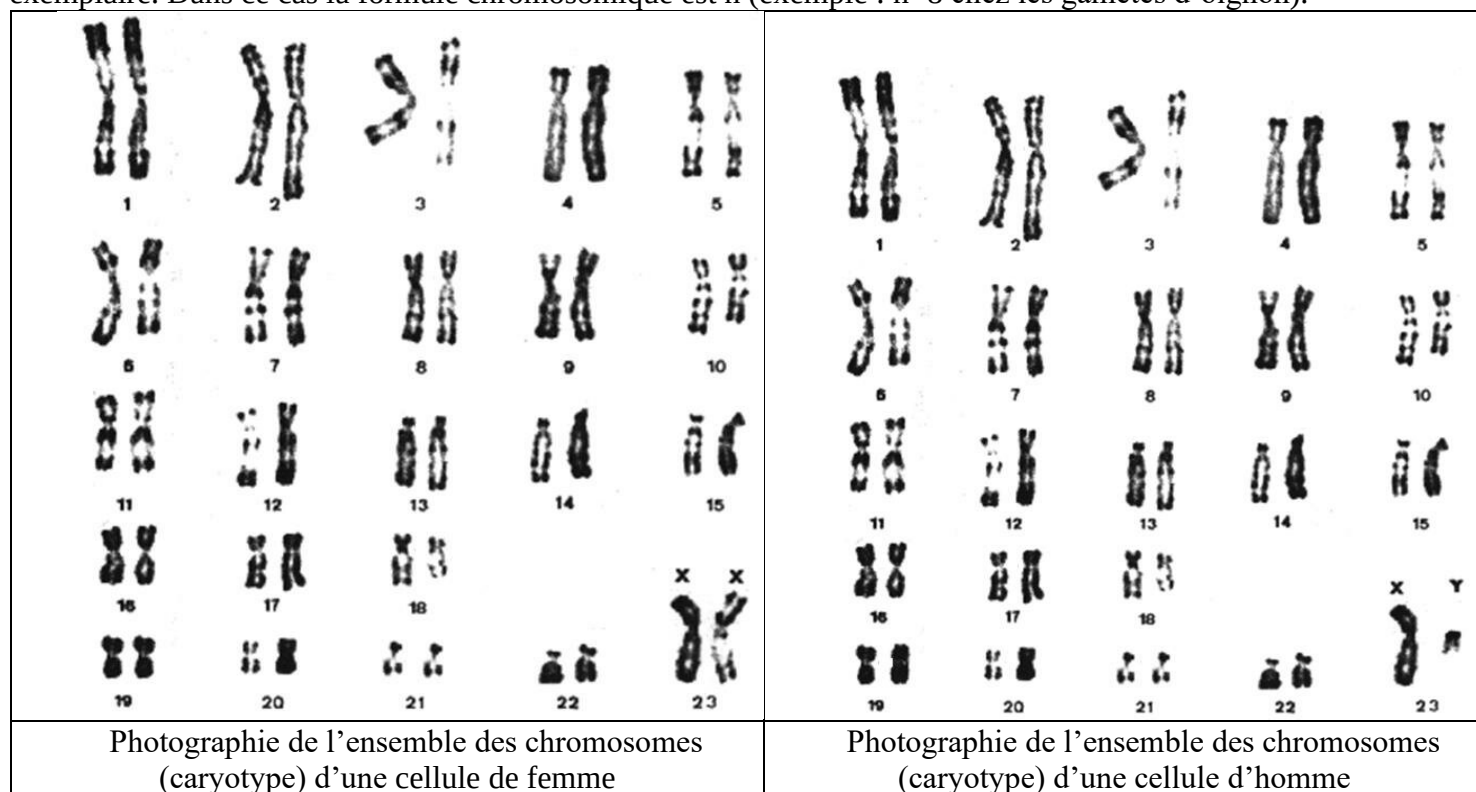


La croissance des organes se fait grâce à la division cellulaire. Chaque cellule mère se divise et donne deux cellules filles : on appelle ce type de division mitose.

Au cours de la mitose, la chromatine se condense et donne des chromosomes. Toutes les cellules d'un organisme (sauf les gamètes = cellules responsables de la reproduction sexuée) ont le même nombre de chromosomes.

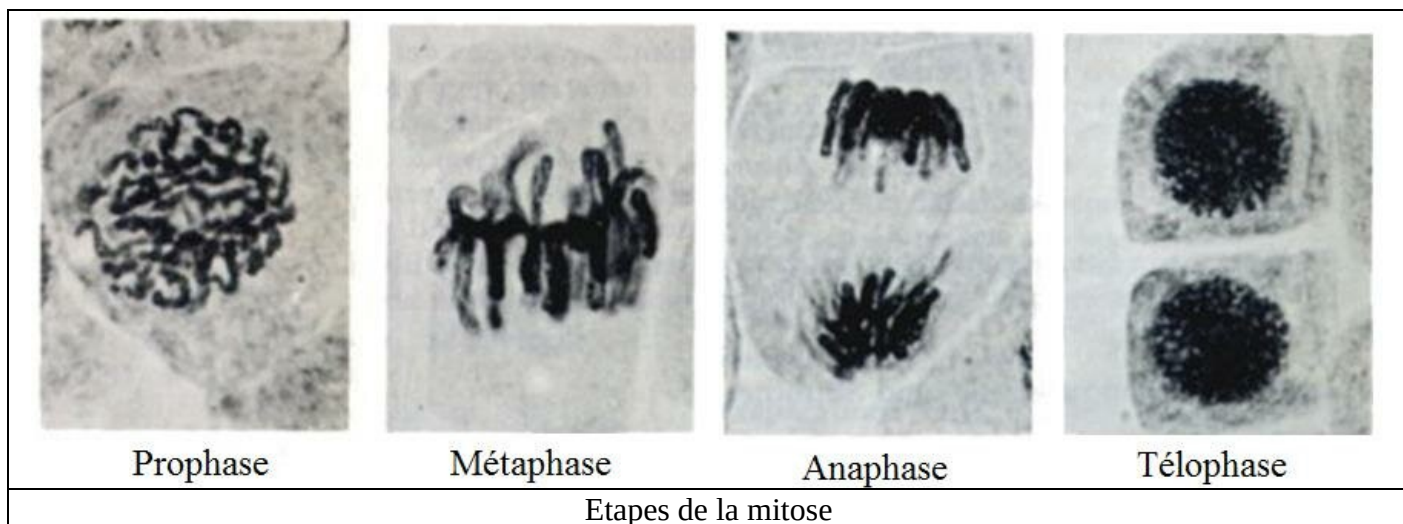
Dans les cellules diploïdes (cellules somatiques = la totalité des cellules de l'organisme, excepté les gamètes), chaque chromosome est présent en deux exemplaires (chromosomes homologues). Dans ce cas la formule chromosomique est $2n$ (exemple : $2n=16$ chez l'oignon, $2n=46$ chez l'Homme).

Dans les cellules haploïdes (comme les gamètes), chaque chromosome est présent en un seul exemplaire. Dans ce cas la formule chromosomique est n (exemple : $n=8$ chez les gamètes d'oignon).



La mitose se fait en quatre étapes : la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase.

Entre deux divisions, la cellule se trouve en interphase.

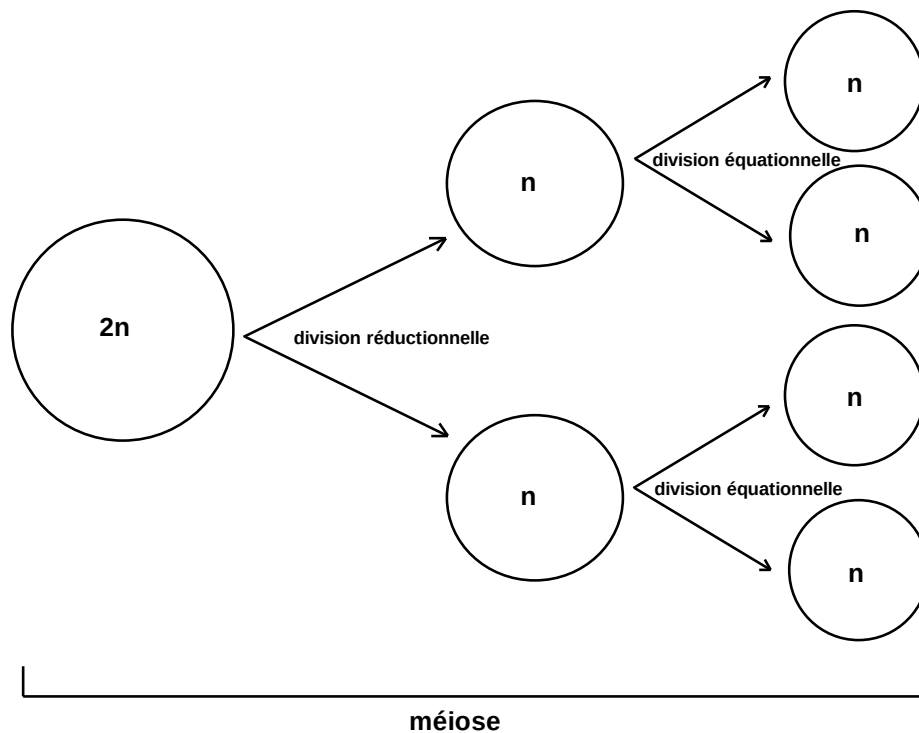


Au cours de la reproduction sexuée, les cellules germinales mères subissent deux divisions successives pour donner des gamètes.

La première division donne deux cellules haploïdes à partir d'une cellule mère diploïde : c'est la division réductionnelle (car le nombre de chromosome est réduit de moitié).

Les deux cellules issues lors de la division réductionnelle se divisent et donnent chacune deux cellules haploïdes : c'est la division équationnelle (car le nombre de chromosome reste le même).

La division réductionnelle et la division équationnelle forment la méiose.



β- Formation des grains de pollen :

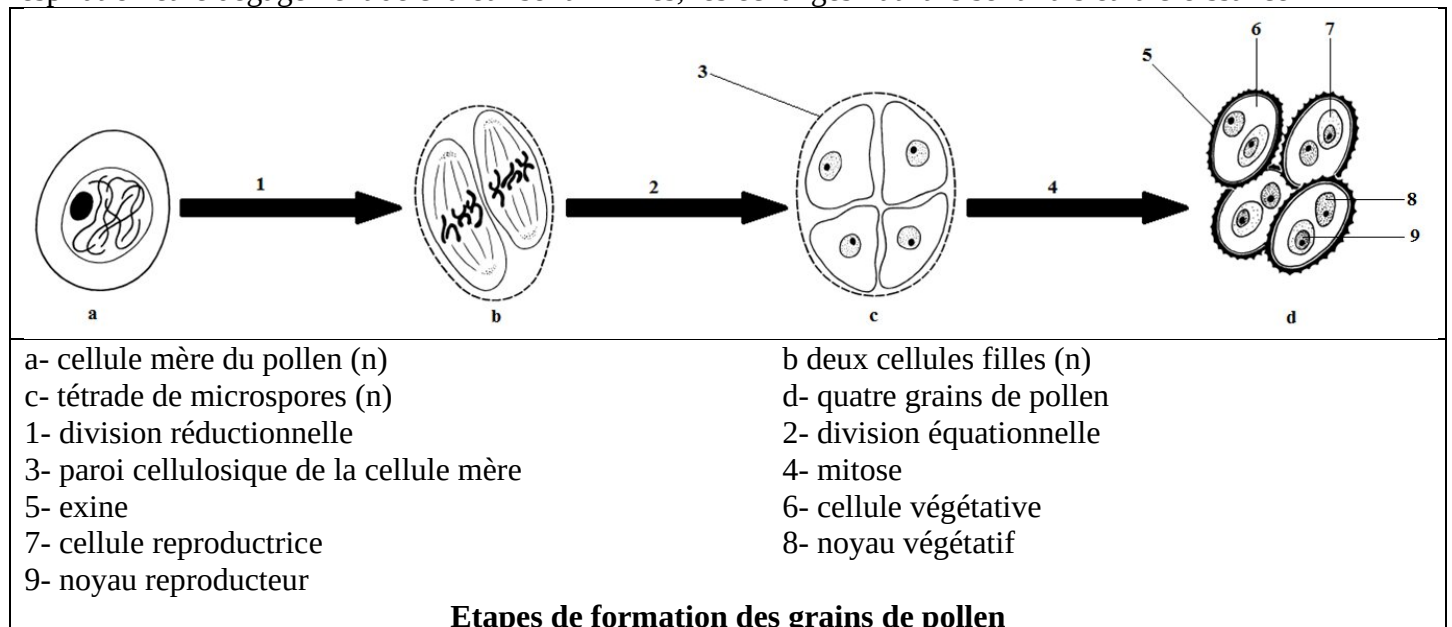
Les grains de pollen se forme dans l'anthere où chaque cellule mère, diploïde ($2n$), subit une méiose donnant quatre cellules haploïdes (n) : les microspores. Ces microspores demeurent emprisonnées dans la paroi squelettique (cellulosique) de la cellule mère en formant une tétrade.

Chaque microspore subit une mitose donnant deux cellules emboîtées, séparées par une membrane plasmique :

- une cellule interne, de petite taille : la cellule reproductrice.
- une cellule externe, de grande taille : la cellule végétative.

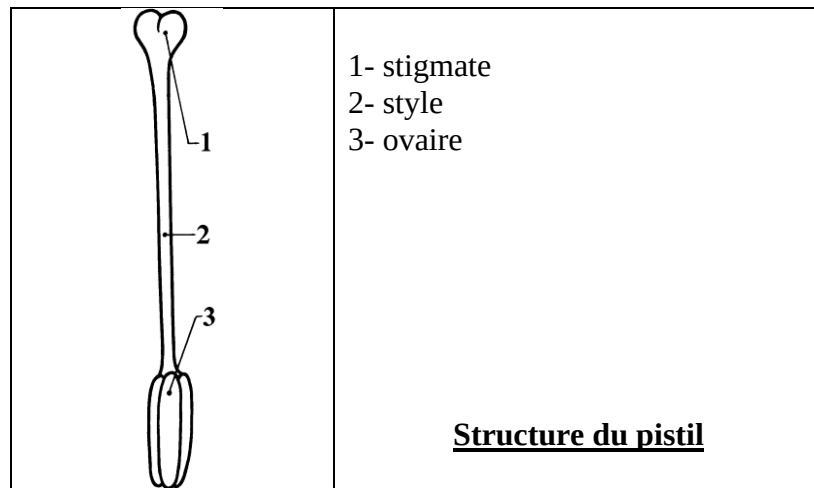
La paroi pectocellulosique de la cellule mère se recouvre extérieurement d'une coque puis le grain de pollen perd de l'eau et passe à l'état de vie latente.

Remarque : la vie latente ou vie ralentie est un état où toutes les activités sont réduites au minimum : la respiration et le dégagement de chaleur sont infimes, les échanges nutritifs sont nuls et la croissance s'arrête.

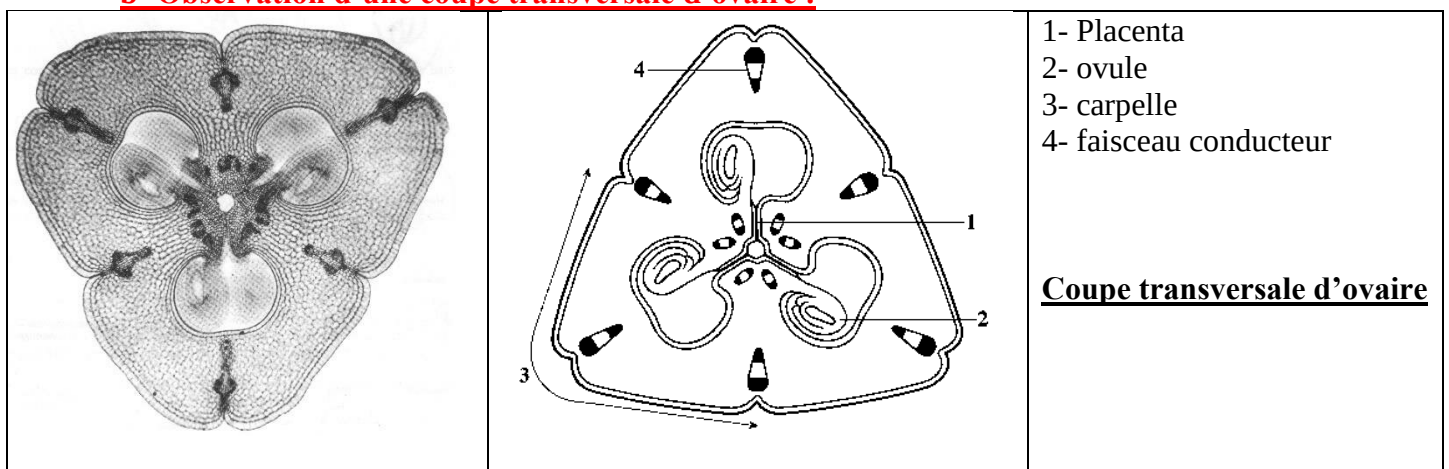


2- Le pistil:

a- Structure du pistil:

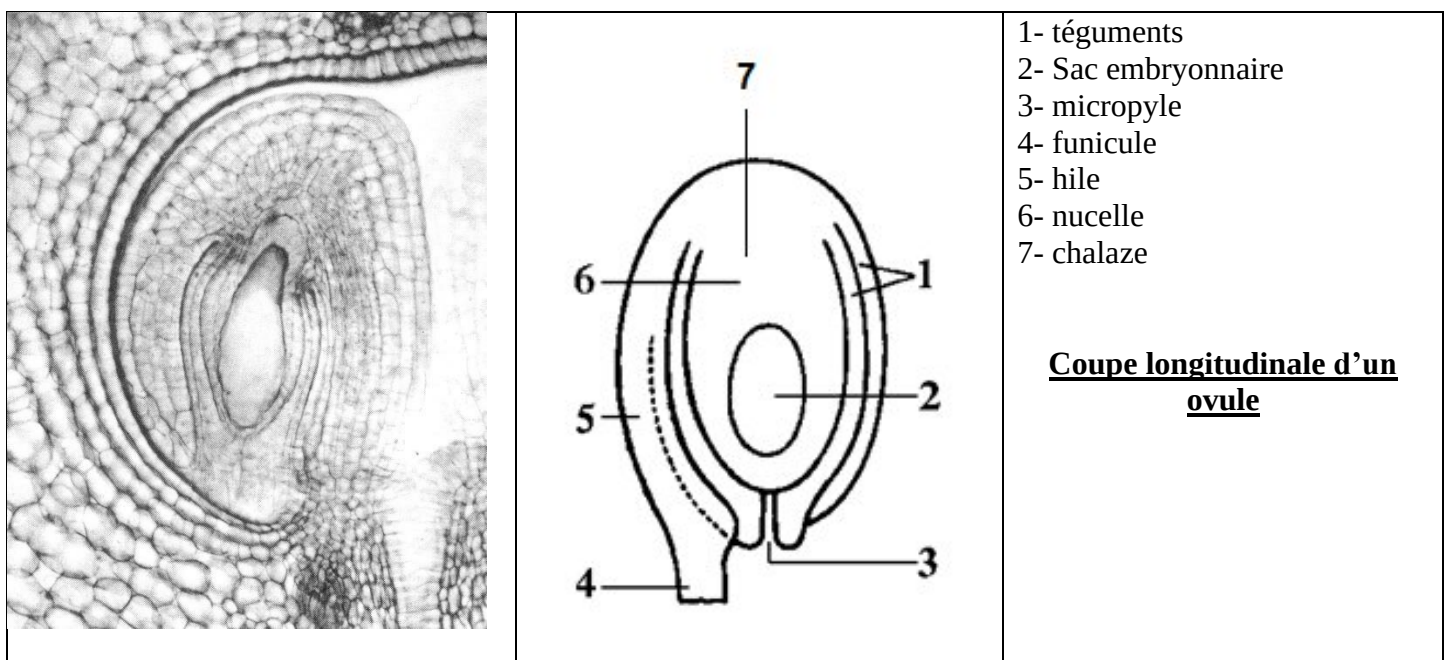


b- Observation d'une coupe transversale d'ovaire :



L'ovaire peut être formé d'un ou plusieurs carpelles.

c- Structure de l'ovule :



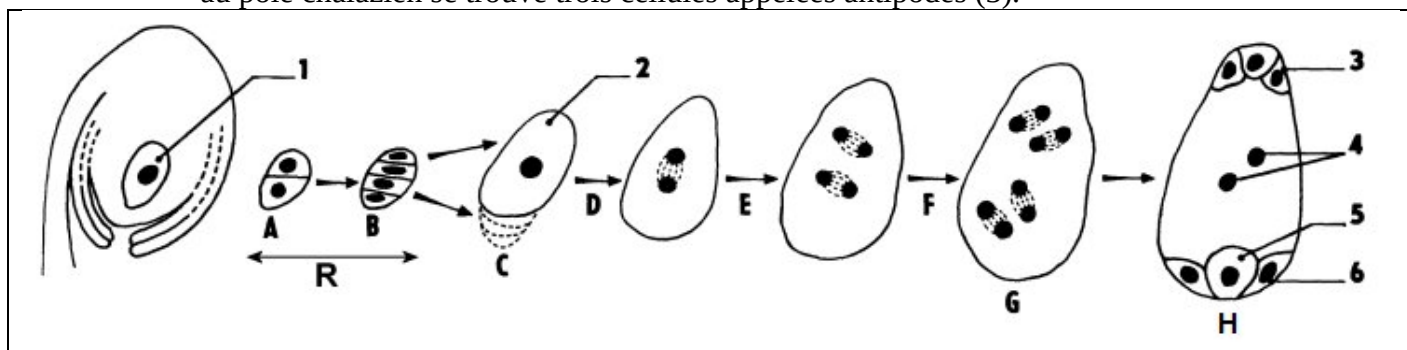
d- Formation du sac embryonnaire :

La cellule mère du sac embryonnaire (1) (voir document ci-dessous), diploïde ($2n$), subit une méiose (R) donnant quatre cellules (B) haploïdes (n). Trois de ces cellules (C) meurent et dégèrent (se décomposent), alors que la quatrième cellule (2), qu'on appelle macropore ou mégaspore continue son développement.

Aussitôt formée, la mégaspore s'accroît subit trois mitoses successives (D, E et F) sans cytokinèses (sans partage du cytoplasme entre les cellules filles). On obtient donc une cellule géante (G) à huit noyaux. Cette cellule subit la cytokinèse pour donner sept cellules dont l'ensemble constitue le sac embryonnaire (H).

Les cellules du sac embryonnaire se répartissent comme suit :

- au pôle micropylaire on trouve l'oosphère (5) et les deux synergides (6).
- au centre se localise la cellule principale contenant deux noyaux (les noyaux du sac) (4)
- au pôle chalazien se trouve trois cellules appelées antipodes (3).



II- De la fleur au fruit :

1- La pollinisation :

Si on observe un stigmate à la loupe binoculaire, on constate la présence de grains de pollen à sa surface.

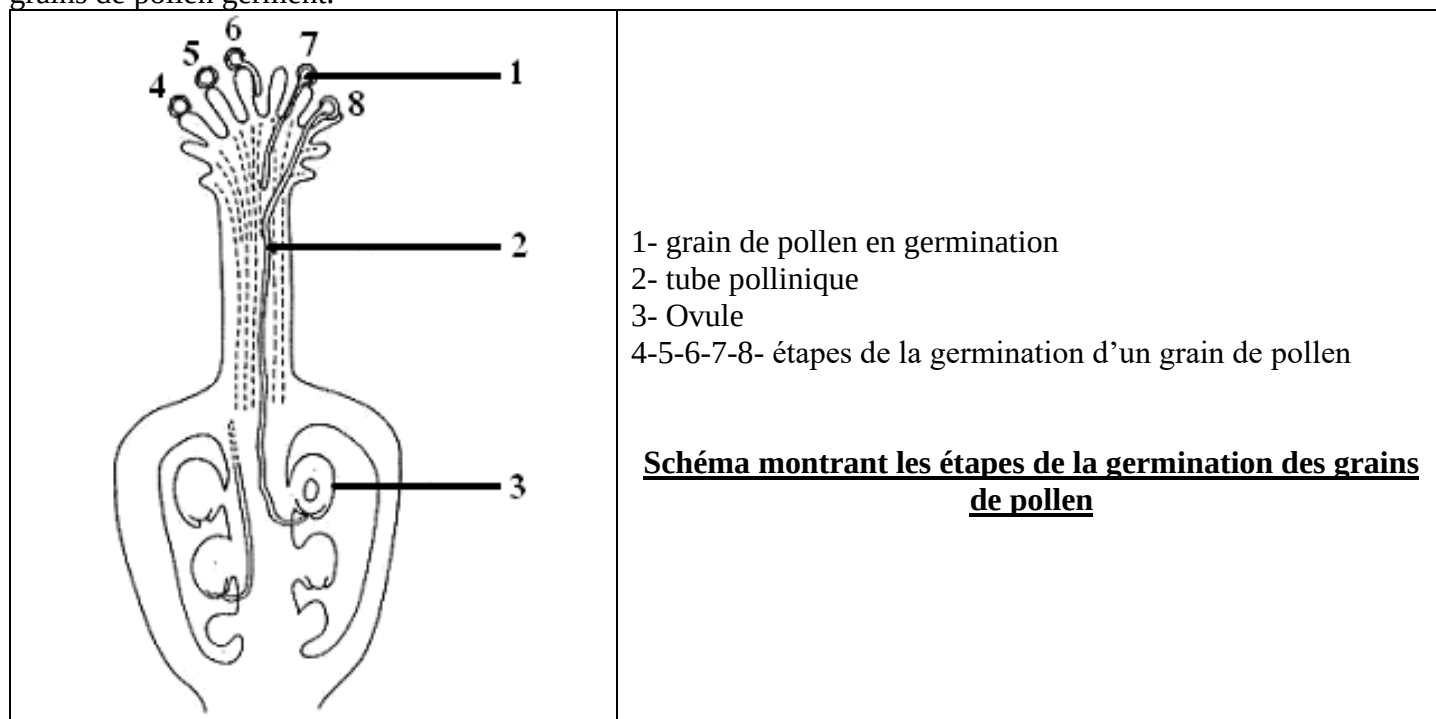
La pollinisation est le transport du pollen des étamines au stigmate. Ce transport s'effectue par le vent (chez les graminées par exemple) et les animaux (comme les abeilles, les papillons, les oiseaux...).

La pollinisation peut avoir lieu à l'intérieur d'une même fleur ou entre deux fleurs différentes (présentes ou non sur la même plante) de la même espèce.

2- La germination des grains de pollen :

a- Observation :

En observant (à la loupe binoculaire) les grains de pollen à la surface d'un stigmate, on remarque que certains d'entre eux émettent des tubes qui s'enfoncent dans le style et se dirigent vers les ovules : on dit que les grains de pollen germent.



b- Exercice :

Pour déterminer les conditions nécessaires à la germination des grains de pollen, on réalise les expériences suivantes :

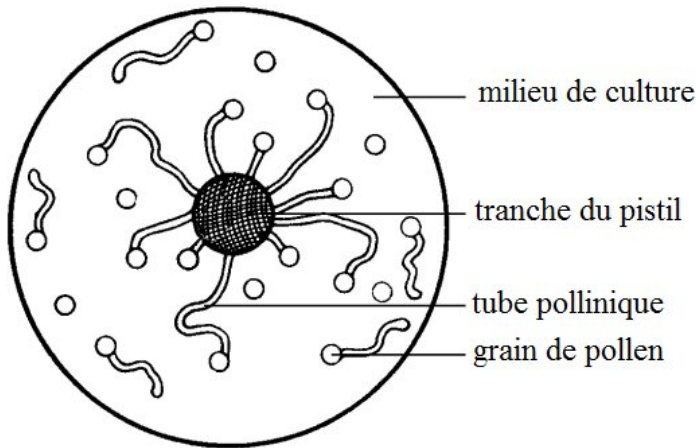
- **expérience 1 :** on saupoudre des grains de pollen de lys sur différents milieux de cultures. On suit l'évolution de ces grains à une température de 25 °C. Le tableau ci-dessous récapitule les conditions de l'expérience et les résultats obtenues :

	Conditions de l'expérience	Résultats de l'expérience
Milieu 1	Eau distillée	Les grains de pollen explosent rapidement
Milieu 2	Eau + saccharose (à 10%) + acide borique (100 ppm) + nitrate de calcium (300 ppm)	La majorité des grains de pollen se gonflent progressivement et émettent des tubes polliniques
Milieu 3	Eau + saccharose (à 50%) + acide borique (100 ppm) + nitrate de calcium (300 ppm)	Absence de formation de tubes polliniques.

Remarque : le ppm ou partie par million est la fraction valant un millionième.

α- Expliquez les phénomènes observés dans chaque milieu.

- **expérience 2 :** on réalise des tranches fines à différents niveau du pistil. Après avoir déposé chaque tranche sur un milieu nutritif adéquat, on saupoudre des grains de pollen (de la même espèce que le pistil) sur les différents milieux. Quelques heures après, on obtient le résultat suivant :



β- Analysez les résultats de cette expérience. Que peut-on conclure ?

On compte les tubes polliniques qui croissent en direction de la tranche de pistil, puis on calcule le pourcentage :

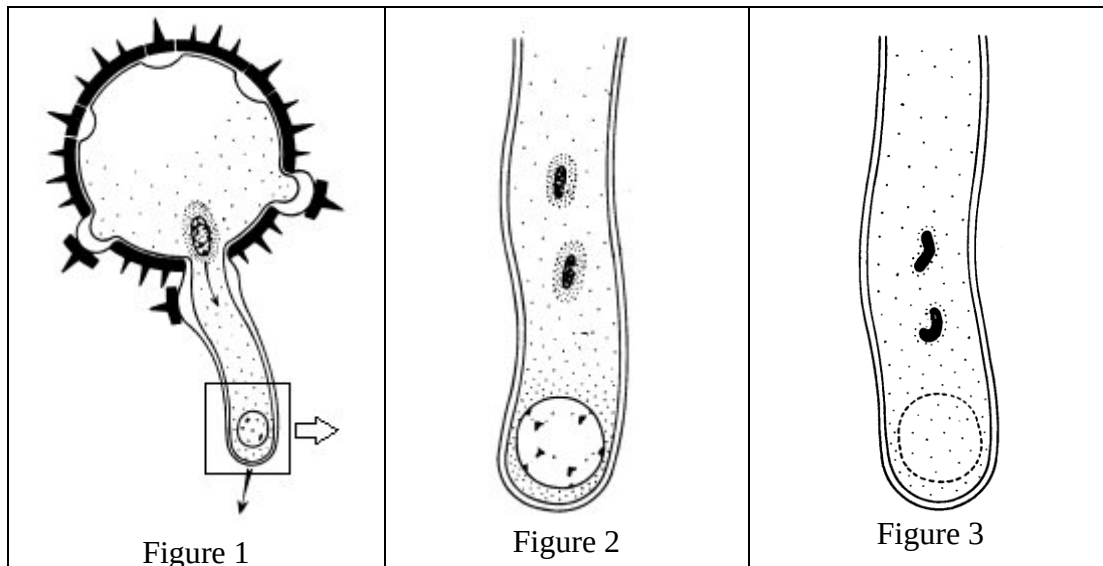
$$p = \frac{\text{nombre de tubes polliniques qui croissent en direction de la tranche de pistil}}{\text{nombre de grains de pollen germés}} \times 100$$

On obtient les résultats suivants :

Niveau de la tranche dans le pistil	Stigmate	Style	Ovaire	Ovule
p (%)	88	48	65	26

γ- Analysez ces résultats. Que peut-on conclure ?

Les dessins suivants montrent les phénomènes qui se produisent pendant la germination des grains de pollen.



Remarque : les figures ne sont pas à la même échelle.

δ- Décrivez les phénomènes observés dans chaque figure.

c- Réponse :

α- Puisque la concentration du milieu 1 est nulle, les grains de pollen absorbent beaucoup d'eau (car l'eau passe du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré) et explosent.

Le milieu 2 est légèrement moins concentré que l'intérieur des grains de pollen, ce qui entraîne l'entrée d'une petite quantité d'eau qui fait gonfler les grains de pollen et leur germination.

La grande concentration du milieu 3 en saccharose empêche l'entrée d'eau et la germination des grains de pollen.

Le milieu 2 offre les conditions nécessaires à la germination des grains de pollen.

β- La majorité des tubes polliniques se dirigent vers la tranche de pistil. Donc ce dernier libère des produits qui orientent la croissance des tubes polliniques (phénomène de chimiotactisme positif).

γ- Le pourcentage (du nombre de tubes polliniques qui croissent en direction de la tranche de pistil) varie suivant le niveau du pistil où on a pris cette tranche. En général, il diminue en passant du stigmate (88%) vers l'ovule (26%). Le stigmate offre les meilleures conditions à la germination des grains de pollen.

δ- Au début de la formation du tube pollinique (figure 1), le noyau végétatif occupe l'extrémité du tube alors que le noyau reproducteur ne s'engage que plus tardivement dans le tube. Le noyau reproducteur subit ensuite une division (figure 2) alors que le noyau végétatif dégénère (figure 3) lorsque le tube pollinique termine sa croissance.

d- Résumé :

Lorsqu'un grain de pollen arrive sur le stigmate, il trouve les conditions favorables, absorbe de l'eau et sort de la vie latente pour germer.

Lors de la germination, un tube pollinique se forme (grâce au noyau végétatif qui occupe son extrémité) et s'enfonce dans le stigmate, puis dans le style pour atteindre l'un des ovules au niveau du micropyle. Enfin il traverse le nucelle et applique son extrémité contre le sac embryonnaire.

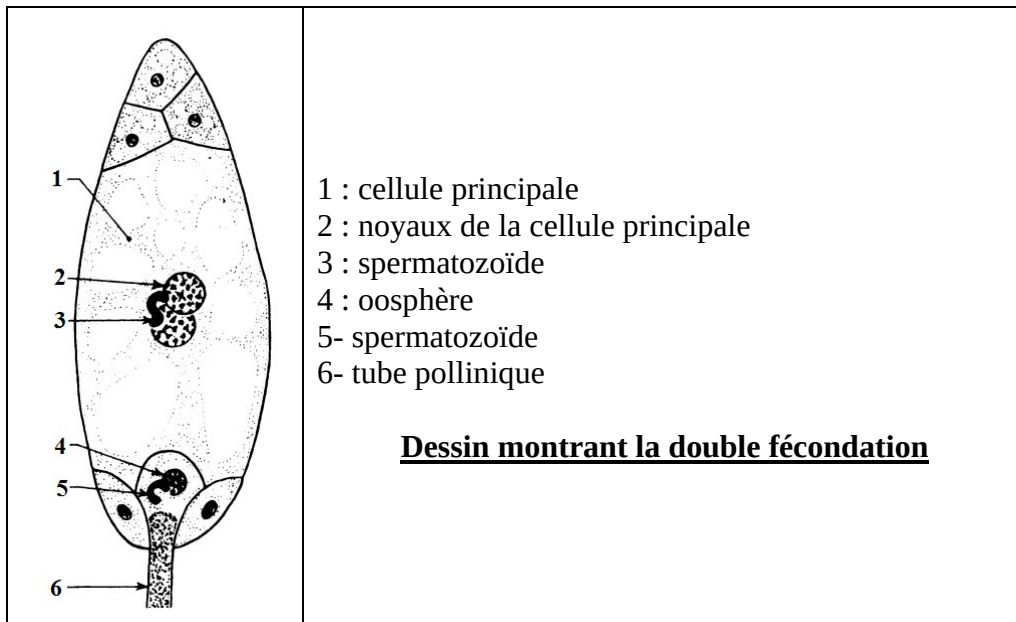
Lorsque le tube pollinique termine sa croissance, le noyau végétatif s'atrophie et dégénère, alors que le noyau reproducteur progresse dans le tube pollinique et subit une mitose pour donner deux gamètes mâles : les spermatozoïdes (ou anthérozoïdes).

3- La fécondation et la formation des graines :

a- La double fécondation :

Quand le tube pollinique atteint le sac embryonnaire, l'un des deux spermatozoïdes (qui est le gamète mâle) s'unit à l'oosphère (qui est le gamète femelle) et donne une cellule diploïde (2n) : l'œuf principal ou œuf-embryon. Le deuxième spermatozoïde s'unit aux deux noyaux de la cellule principale du sac embryonnaire et donne donc une cellule triploïde (3n) : l'œuf accessoire ou œuf-albumen.

Cette double fécondation est caractéristique des angiospermes.

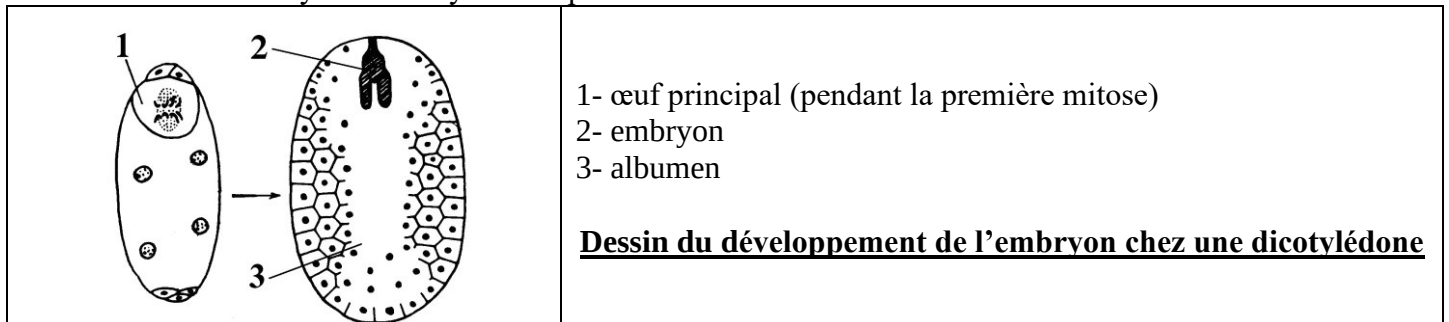


b- La formation de la graine :

La double fécondation provoque d'importants changements au niveau de la fleur. Sous l'effet des hormones contenues dans le tube pollinique, l'ovaire se transforme en fruit et les ovules en graines.

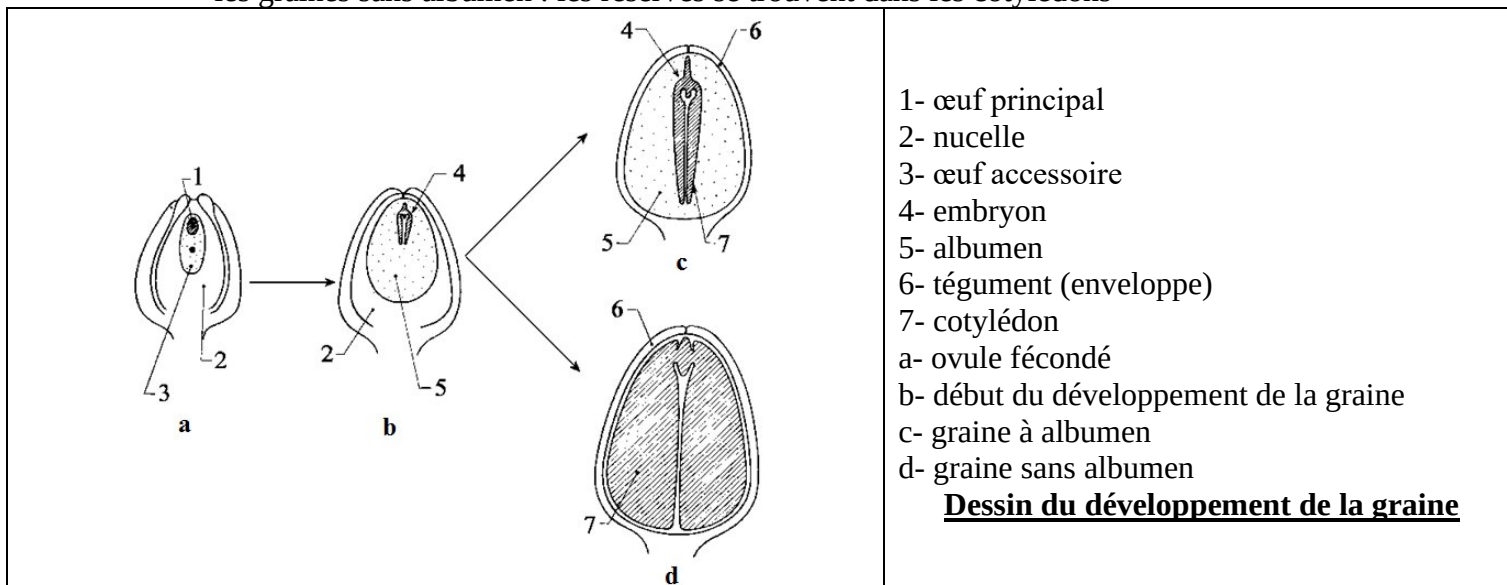
La transformation de l'ovule en graine se fait en trois étapes :

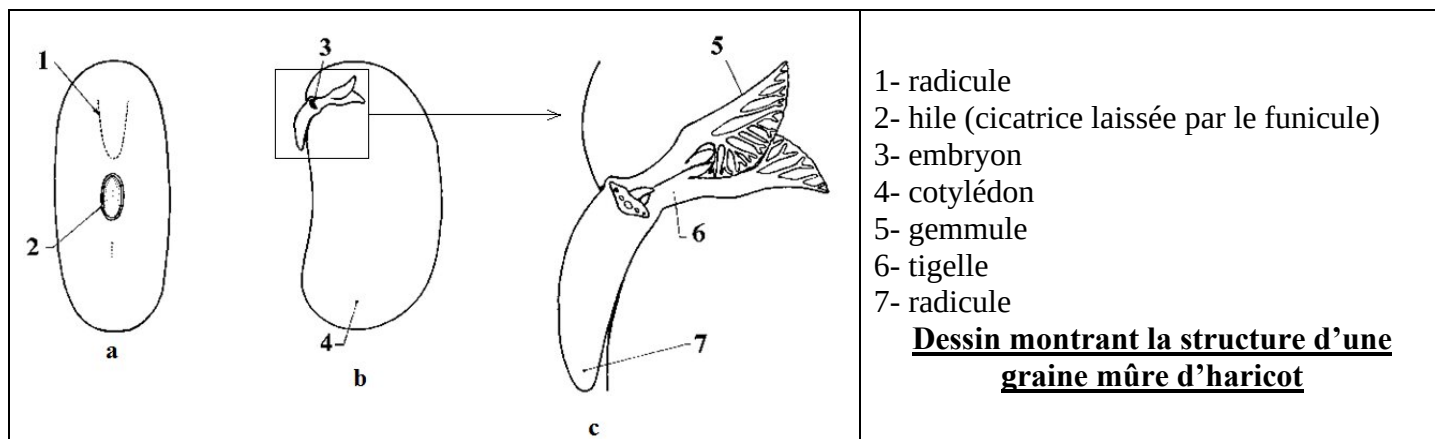
- l'œuf accessoire se divise (mitoses) et donne un tissu de réserves, l'albumen, qui se développe aux dépens du nucelle.
- l'œuf principal se divise (par plusieurs mitoses successives) et donne l'embryon. Ce dernier comprend une radicule (petite racine), une tigelle (petite tige), un ou deux cotylédons et la gemmule (formée par deux feuilles et un bourgeon terminal).
- l'embryon se déshydrate et passe à l'état de vie latente.



On distingue deux types de graines :

- les graines à albumen : les réserves se trouvent dans l'albumen.
- les graines sans albumen : les réserves se trouvent dans les cotylédons





	Glucide	Protide	Lipide	Composition (en %) des réserves contenues dans les graines de quelques plantes angiospermes
Pois	60-75	20-35	5-6	
Blé	70-80	9-14	1-2	
Colza	14-22	17-20	35-45	

c- La germination de la graine :

La graine des angiospermes est un organe de résistance (résistance aux conditions environnementales comme la sécheresse, les basses et hautes températures) et de dissémination (par le vent, l'eau, les animaux...).

Lorsque les conditions redeviennent favorables, la graine retourne à la vie active. Elle absorbe une grande quantité d'eau (qui va servir à l'hydratation du cytoplasme des cellules ce qui entraîne le gonflement de la graine), synthétise des enzymes (comme les amylases, les lipases et les protéases qui hydrolysent les réserves de l'albumen ou des cotylédons et les rendent utilisable par la plantule). A ce stade, la graine est le siège d'intenses échanges gazeux (absorption d'O₂ et rejet du CO₂ ce qui indique que la graine respire) et de libération de chaleur (énergie).

La germination se fait en général suivant les étapes suivantes :

- la radicule s'allonge, déchire le tégument et pénètre dans le sol.
- la tigelle s'allonge et donne la tige.
- les cotylédons s'écartent.
- les deux feuilles de la gemmule s'étalent et verdissent.
- les cotylédons flétrissent et tombent.
- la jeune plante devient autotrophe.

d- Exercice :

On se propose d'étudier l'influence de l'eau sur la germination des graines, à cette fin on réalise l'expérience suivante : on place 100 graines de pois dans des boîtes de Petri contenant de l'eau. A intervalles réguliers, on prélève 10 graines et on détermine leurs masses moyennes. Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Temps (heures)	0	1	2	4	6	8	12	24	48	72
Masse moyenne des graines (cg)	18	20	22	24	25	27	29	33	35	50

α - Représentez, sous forme graphique, l'évolution de la masse moyenne des graines de pois en fonction du temps.

β- Sachant que la racine apparaît à 36 heures, expliquez l'évolution de la courbe après ce temps.

e- Réponse :

α- Représentation graphique de l'évolution de la masse moyenne des graines de pois en fonction du temps :



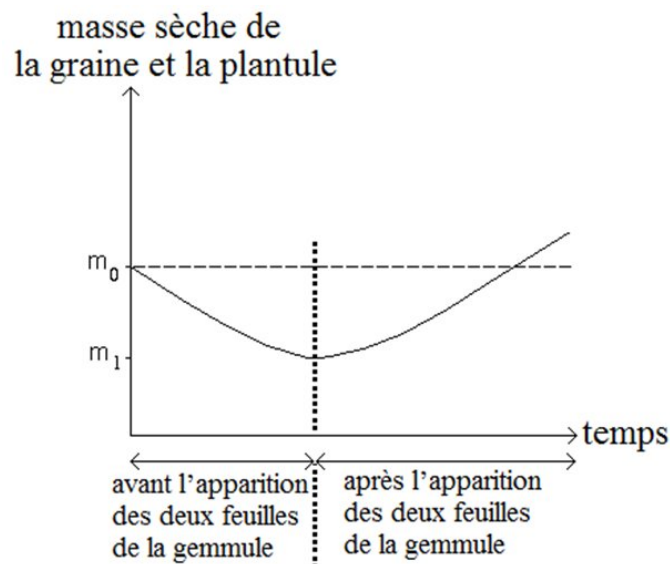
β- Après 36 heures, on observe une augmentation importante de la masse des graines. Cette augmentation rapide coïncide avec l'apparition de la racine : donc l'augmentation de la masse est due à l'absorption d'eau et de sels minéraux par la racine.

f- Exercice :

On place des graines de lin (riches en lipides) dans des conditions favorables à leur germination. On suit la variation du quotient respiratoire (QR) des graines (voir tableau) et leur masse (voir graphique).

Temps depuis le début de l'expérience (heures)	$QR = \frac{\text{volume de CO}_2 \text{ libéré}}{\text{volume d'O}_2 \text{ absorbé}}$	Observation
8	1	Avant l'apparition des deux feuilles de la gemmule
20	0.7	
30	0.7	
140	0.7	
190	1	Après l'apparition des deux feuilles de la gemmule

Remarque : lors de la respiration, $QR=1$ si l'organisme consomme les glucides, 0.7 s'il consomme des lipides et 0.8 s'il consomme des protéides.



α- Analysez les résultats du tableau.

β- Expliquez ces résultats.

γ- Analysez le graphique.

δ- Expliquez les résultats obtenus.

g- Réponse :

α- Analyse des résultats du tableau :

* Après 8 heures du début de l'expérience, et avant l'apparition des deux feuilles de la gemmule, le $QR=1$.

* Entre 2 et 140 heures du début de l'expérience, et avant l'apparition des deux feuilles de la gemmule, le $QR=0.7$.

* Après 190 heures du début de l'expérience, et après l'apparition des deux feuilles de la gemmule, le QR devient égal à 1 de nouveau.

β- Explication des résultats du tableau :

* La graine de lin est riche en lipides mais contient aussi une faible quantité de glucides.

* Après 8 heures du début de l'expérience, et avant l'apparition des deux feuilles de la gemmule, le QR=1 car la plantule utilise les réserves de glucides (qui sont facilement assimilable) comme source de matière organique (nécessaire à sa survie et sa croissance).

* Entre 2 et 140 heures du début de l'expérience, et avant l'apparition des deux feuilles de la gemmule, le QR=0.7, ce qui indique que la plantule utilise ses réserves de lipides comme source de matière organique après avoir épuisé les réserves glucides.

* Après 190 heures du début de l'expérience, et après l'apparition des deux feuilles de la gemmule, le QR devient égal à 1 de nouveau, ce qui indique que la plantule utilise des glucides. Ces glucides sont élaborés aux niveaux des deux feuilles de la gemmule grâce à la photosynthèse.

γ- Analyse du graphique :

* Avant l'apparition des deux feuilles de la gemmule, la masse sèche de graine et de la plantule diminue de m_0 à m_1 .

* Après l'apparition des deux feuilles de la gemmule, la masse sèche de graine et de la plantule commence à augmenter.

δ- Explication des résultats du graphique :

* Avant l'apparition des deux feuilles de la gemmule, la plantule est incapable d'élaborer la matière organique par photosynthèse. Donc elle consomme ses réserves ce qui entraîne une diminution de la masse.

* Après l'apparition des deux feuilles de la gemmule, la plantule devient capable d'élaborer la matière organique par photosynthèse. Elle utilise ces matières pour sa croissance ce qui entraîne l'augmentation de la masse.

I- Cycle de développement des angiospermes :

