

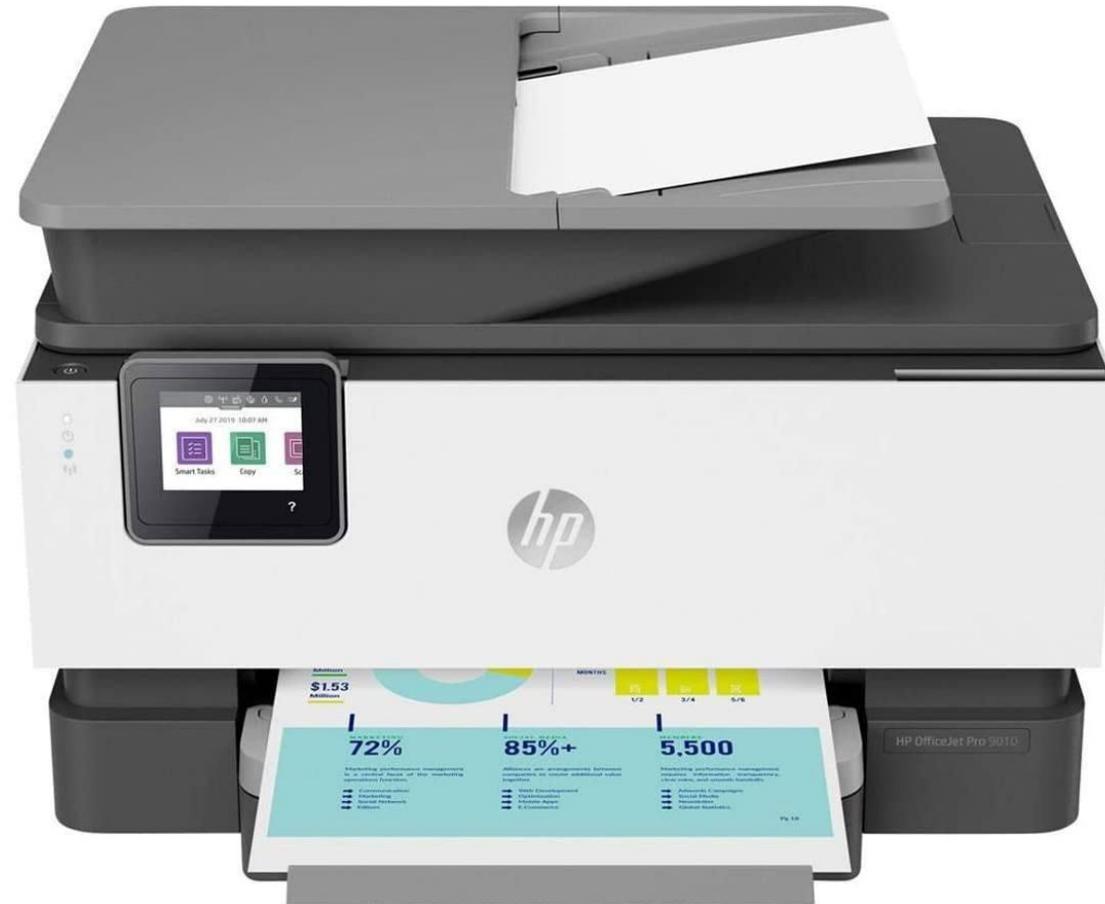
SV-G

La reproduction des
embryophytes et des animaux

Introduction

Séance 1

Reproduction : produire à nouveau



2 modes principaux : **sexuée** et **asexuée**

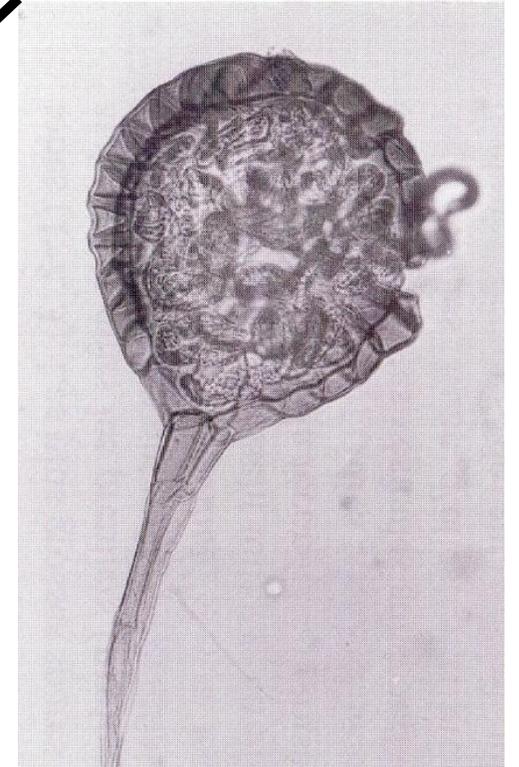
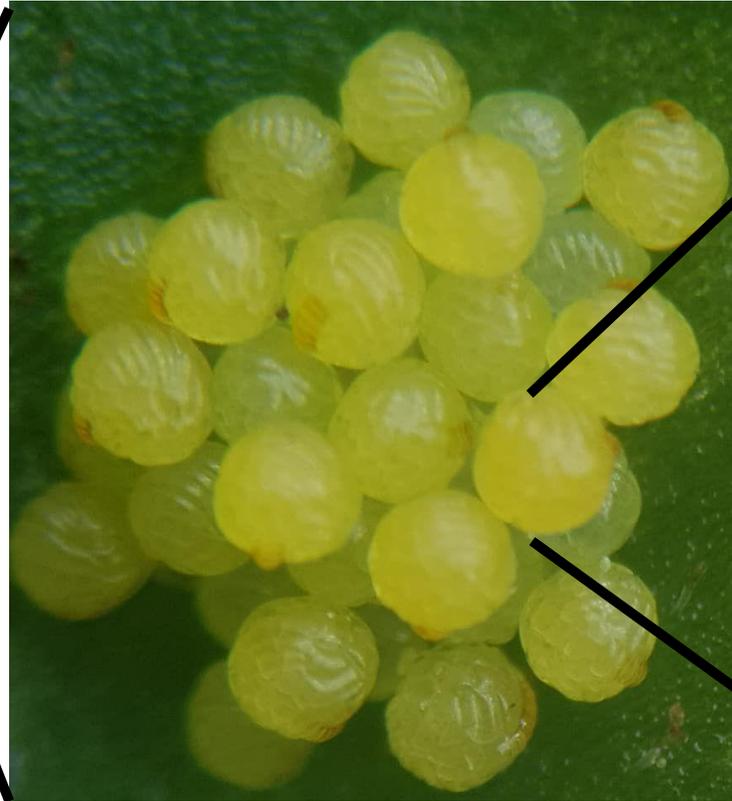


SV-G-1.1. La reproduction sexuée chez les fougères : l'exemple du polypode.

a. Pied feuillé diploïde et production des spores



Sur la face inférieure des feuilles : amas de sporanges



Formation des sporanges

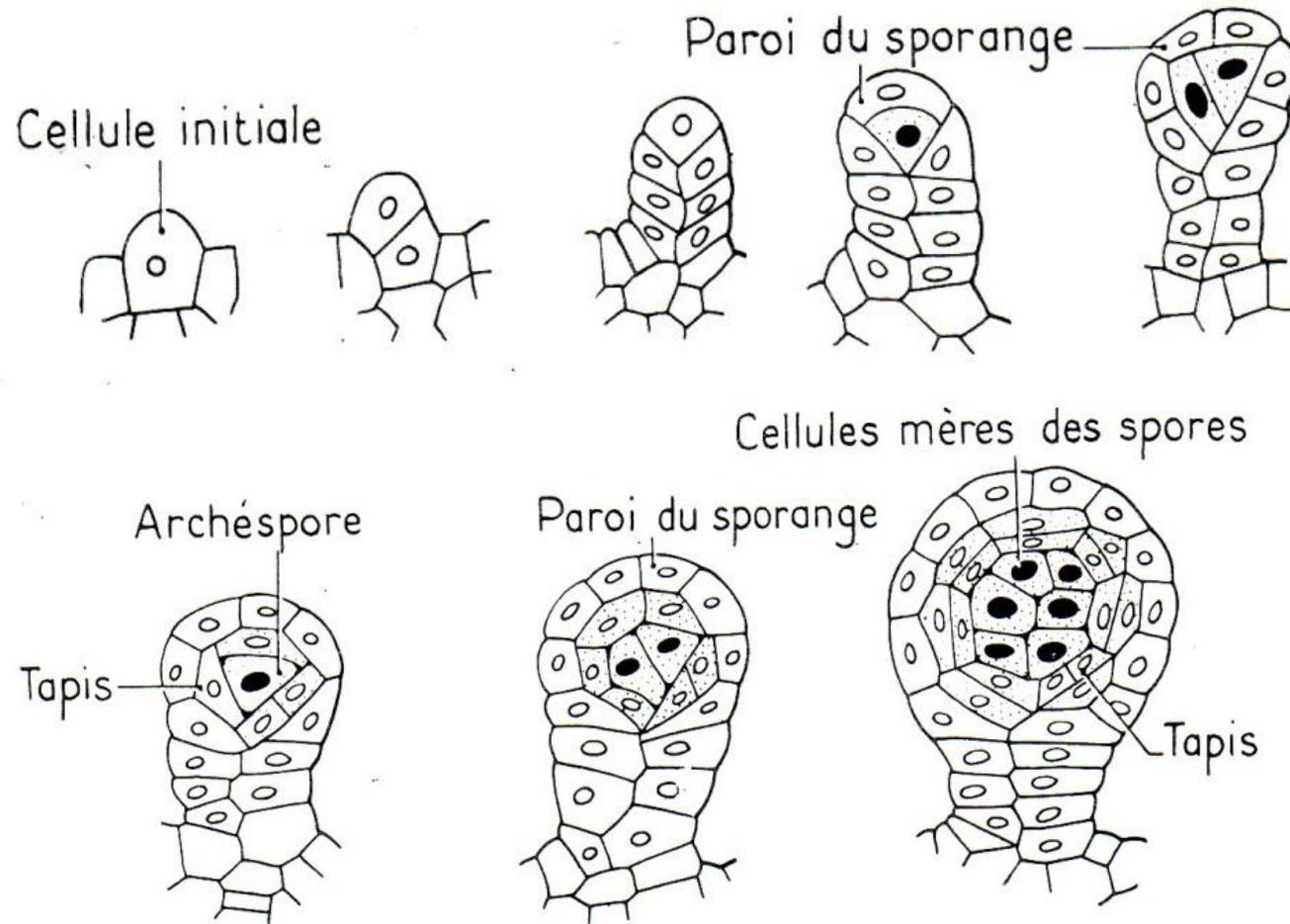
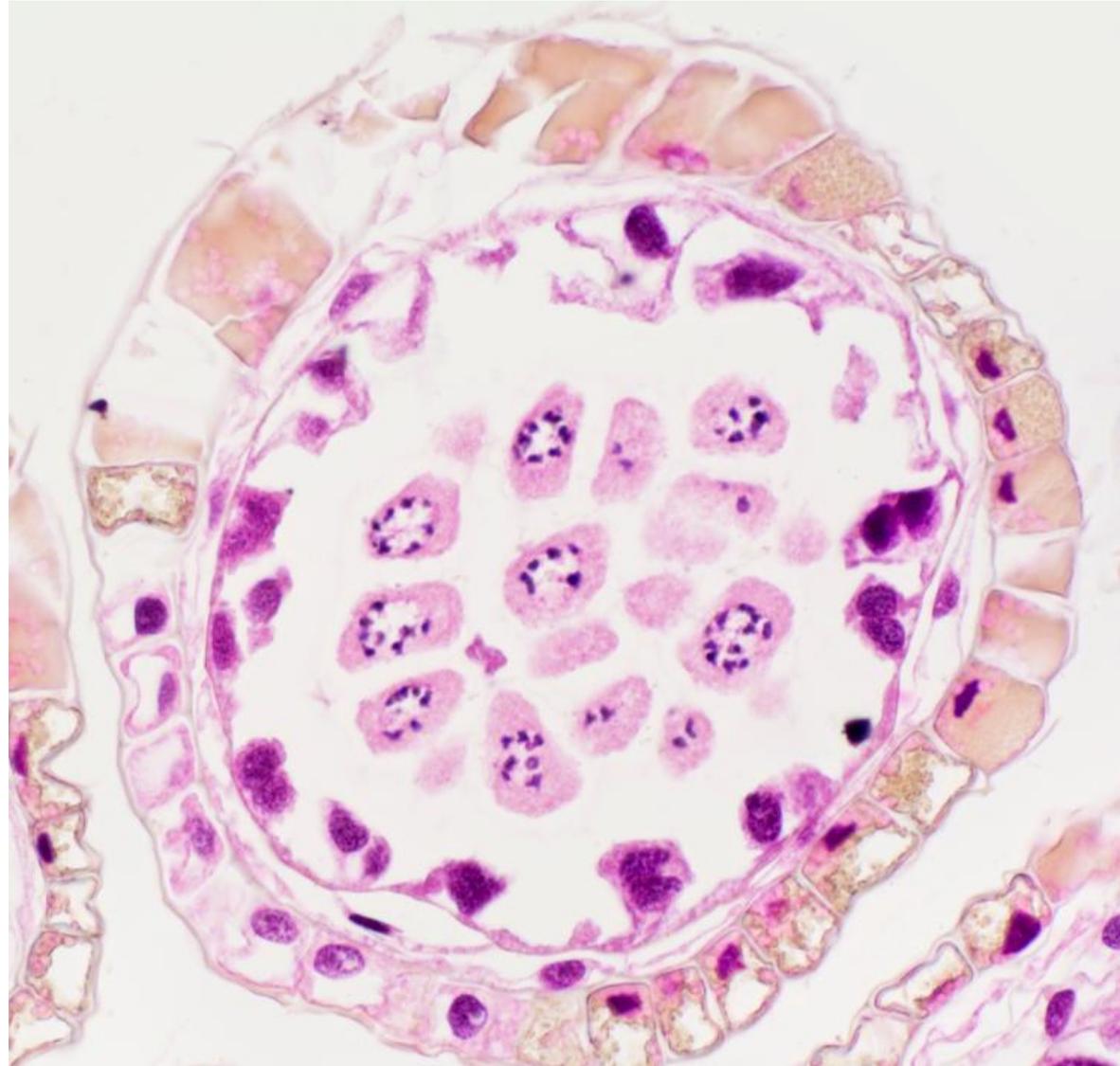


FIG. 35. — Les diverses étapes de la formation d'un sporange chez une Fougère (G × 325) (d'après SMITH).

Méiose et formation des spores

CT sporange



La spore, cellule haploïde résultat de la méiose

- Cellule haploïde en vie ralentie, résultat de la méiose

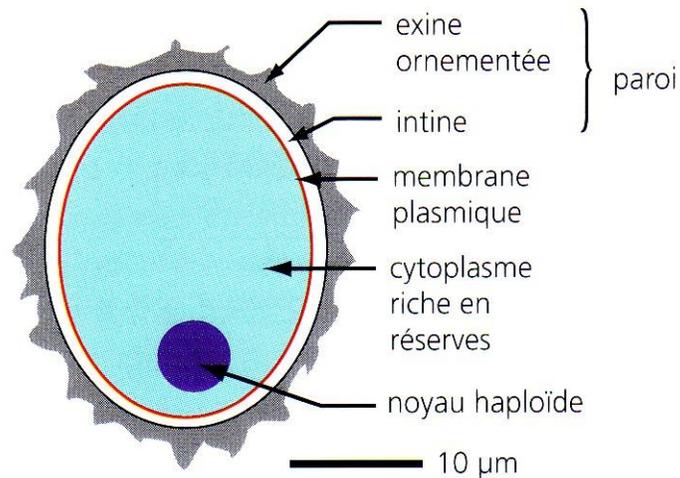
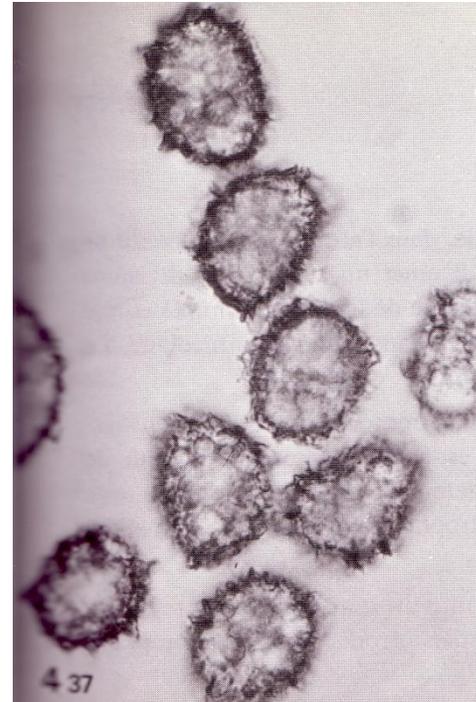


Figure 5-2: structure schématique d'une spore haploïde de *Polypodium vulgare*



Bilan

Pied feuillé = sporophyte (individu)

Sporange = organe producteur de spores **par méiose**

Spore = cellule (ici haploïde, donc résultat d'une méiose) qui sera dispersée

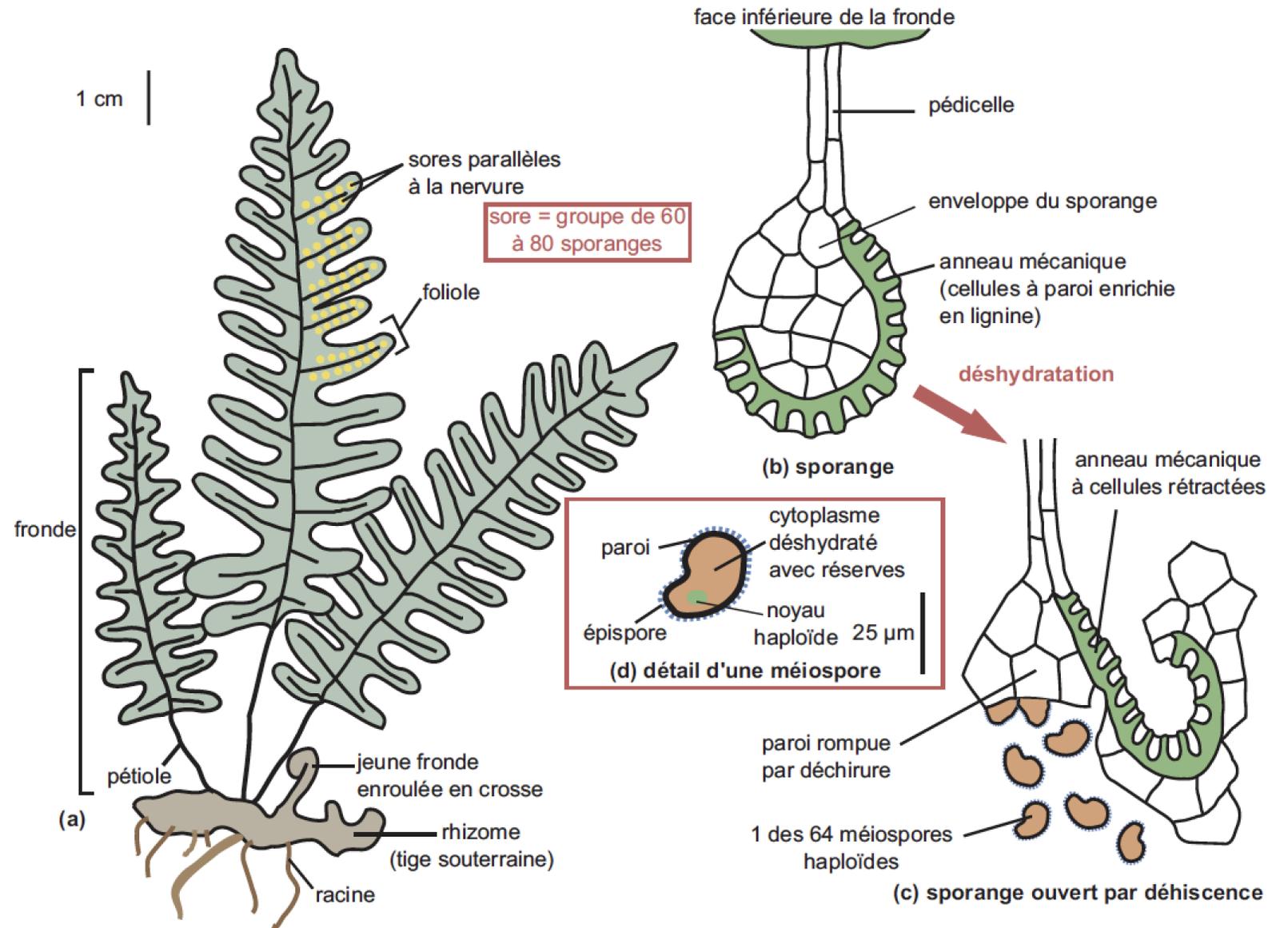
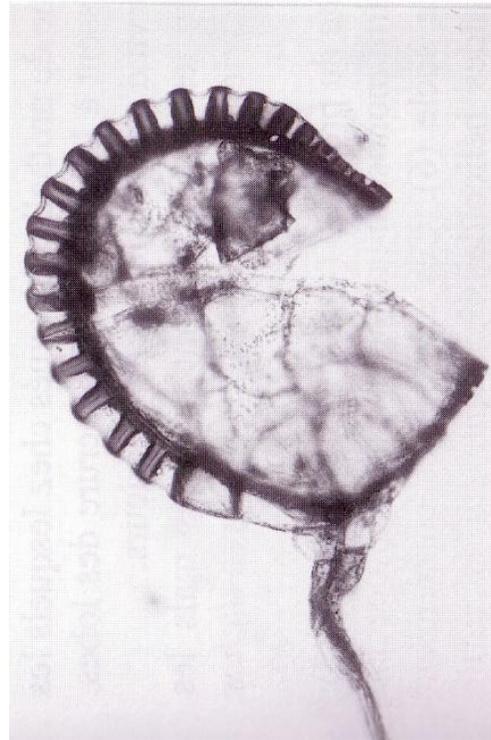


Figure 4.1 La formation des méiospores chez le polypode vulgaire.

(a) Plant de polypode (sporophyte) porteur des sporanges ; (b) un sporange fixé au limbe ; (c) déhiscence du sporange et libération des spores ; (d) détail d'une méiospore.

b. Dispersion et germination de la spore

Ouverture du sporange grâce à l'anneau mécanique



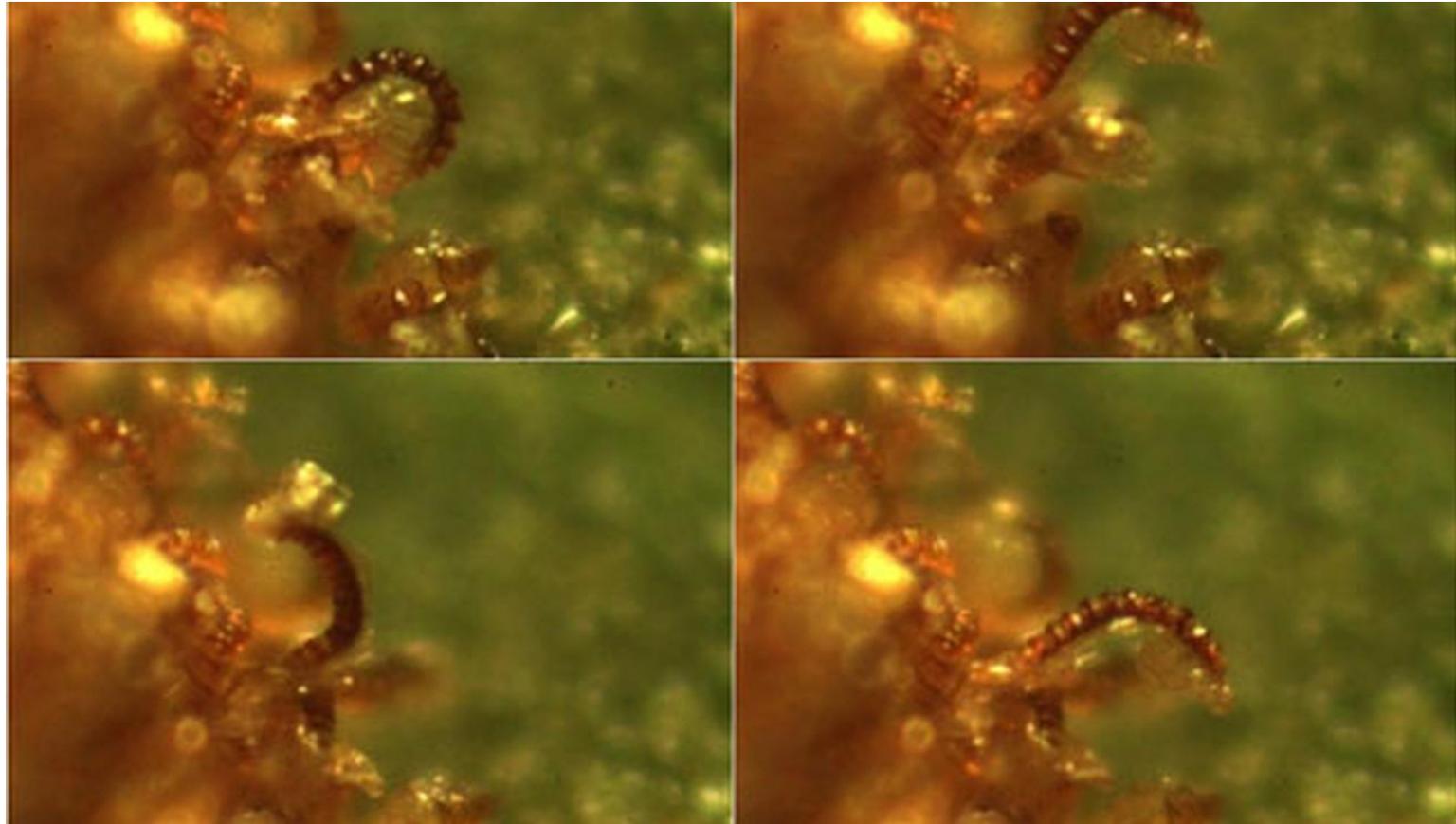
Les cellules sont gonflées d'eau. Puis elles se dessèchent, l'anneau se déforme et le sporange se déchire

Fonctionnement de l'anneau mécanique

Dispersion des spores lié à l'ouverture du sporange

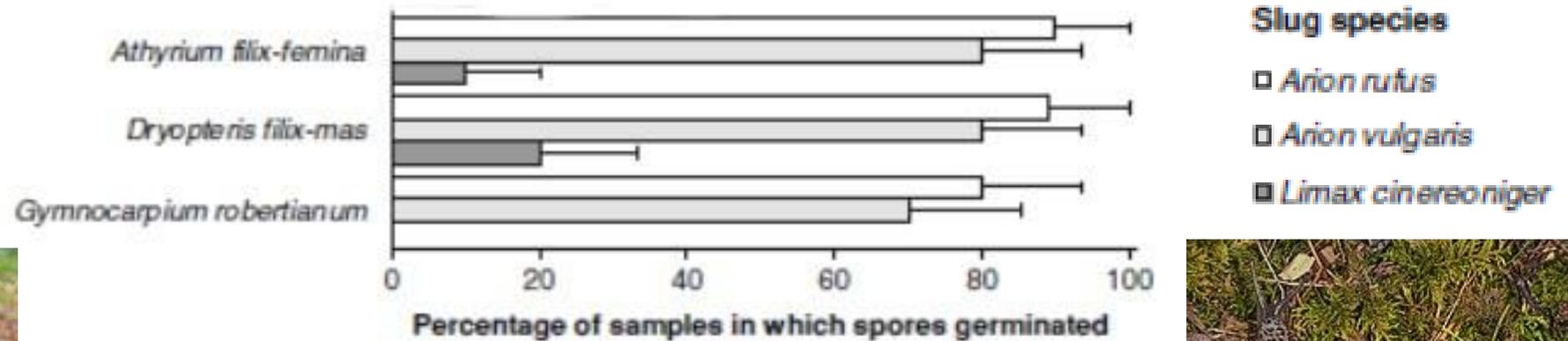
L'ouverture provoquée par l'anneau mécanique provoque la dispersion des spores

Projection
des spores à
 10 m.s^{-1} !



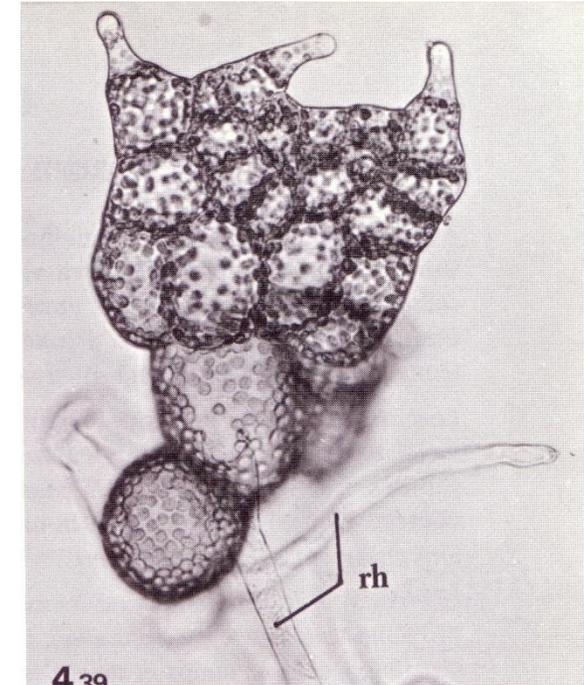
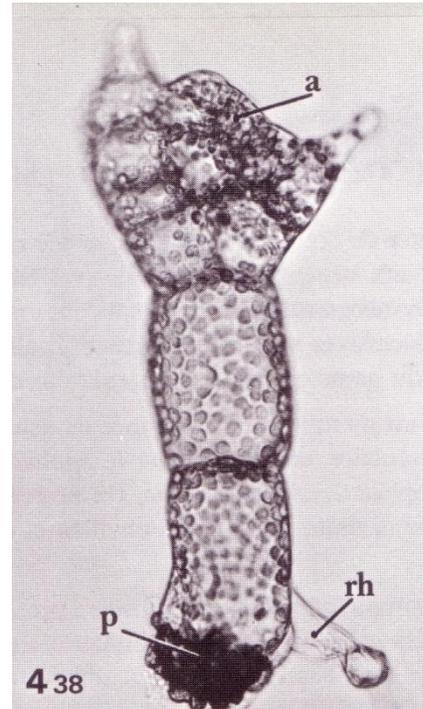
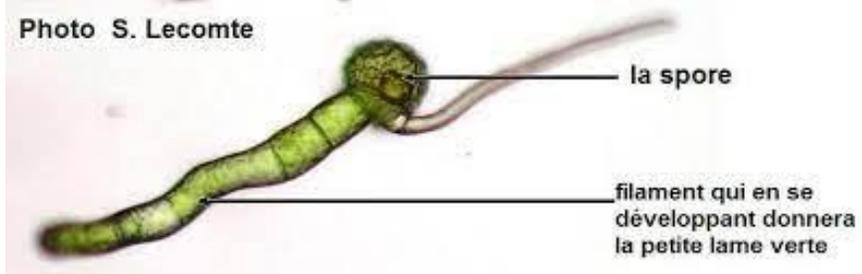
Remarque : possibilité de zoochorie par des limaces

Surtout barochorie et anémochorie mais cela n'empêche pas aussi de la zoochorie : expérience ici montrant la dispersion par trois espèces de limaces (slug)

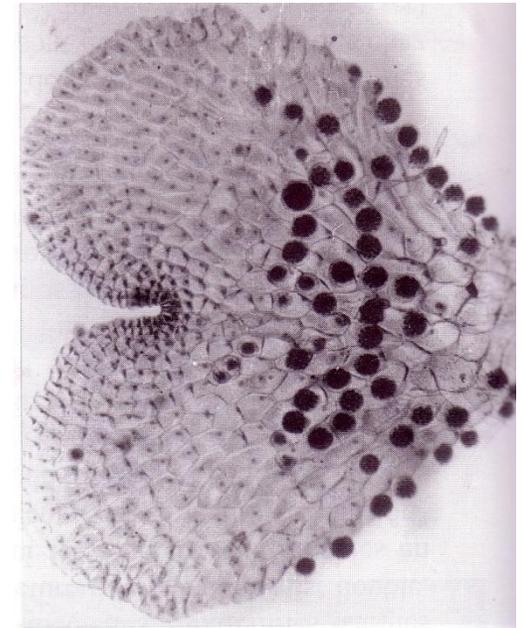
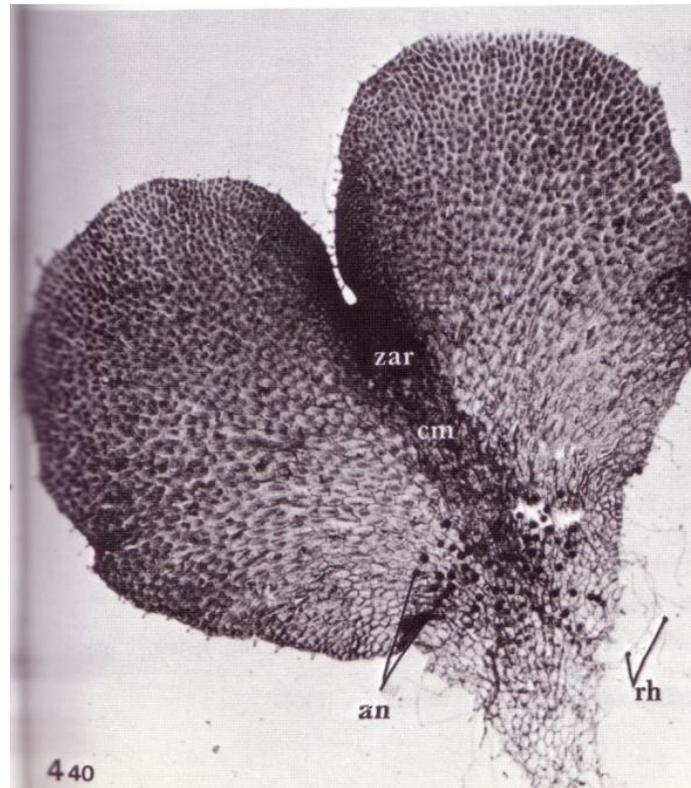


Hydratation et germination de la spore

Construction d'un organisme haploïde par mitose = prothalle

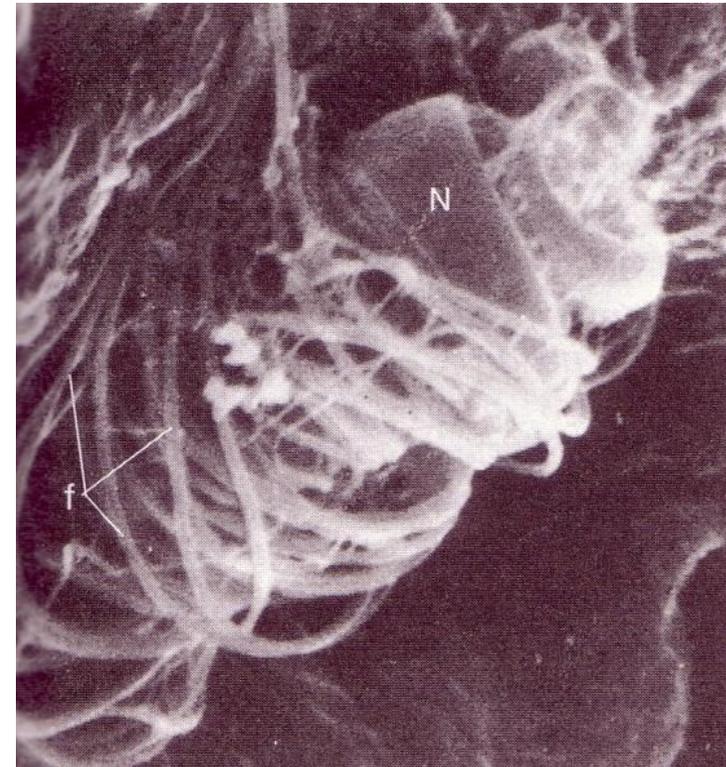
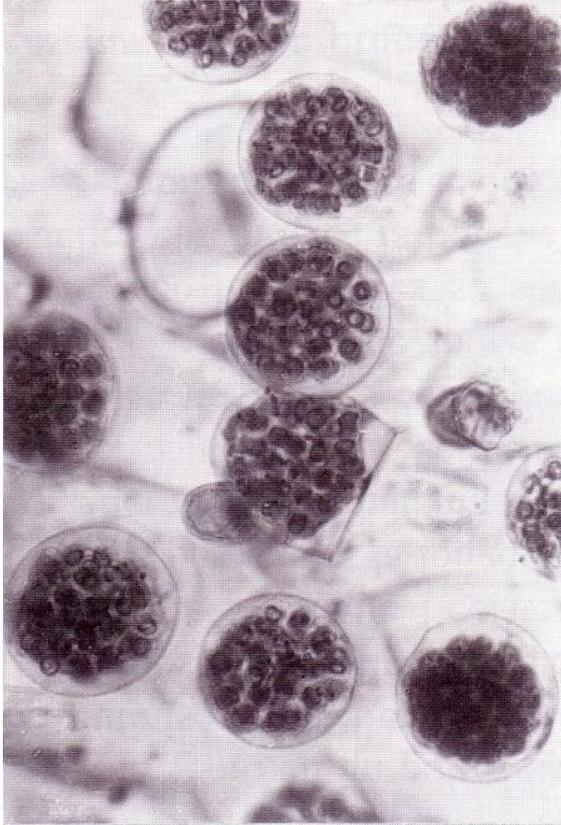


Prothalle chlorophyllien d'un demi centimètre

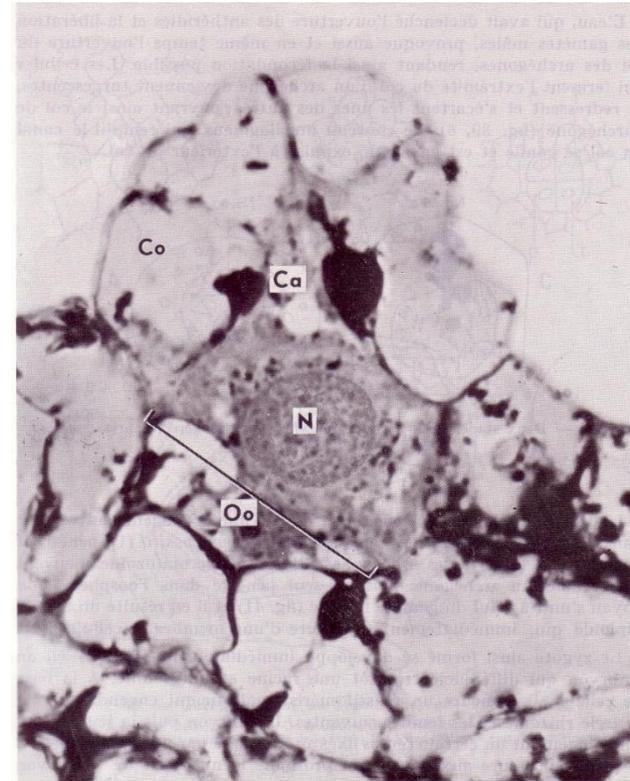


c. Le prothalle porte les organes producteurs des gamètes

- Anthéridies = organes producteurs des gamètes mâles qui libèrent des spermatozoïdes nageurs



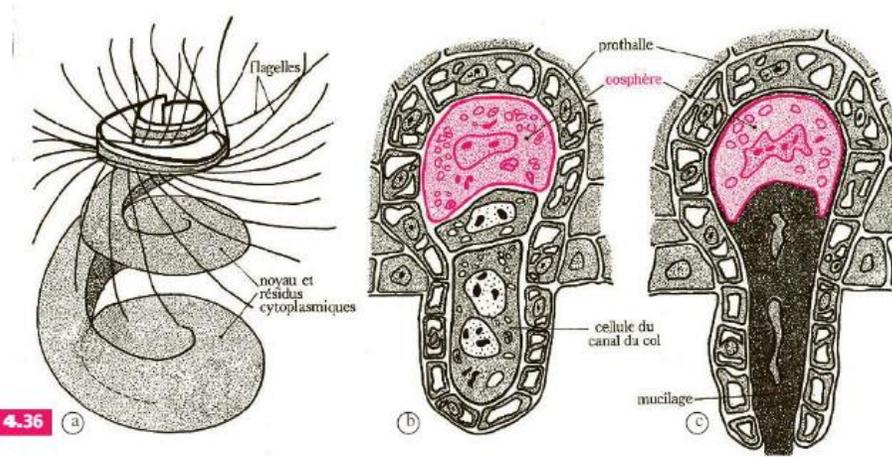
Et des organes producteurs (archégonies) des gamètes femelles (oosphères)



Coupe longitudinale dans un archégonie de Fougère mâle (Ca, cellules du canal ; Co, col ; Oo, oosphère ; N, noyau de l'oosphère) (G × 1.800).

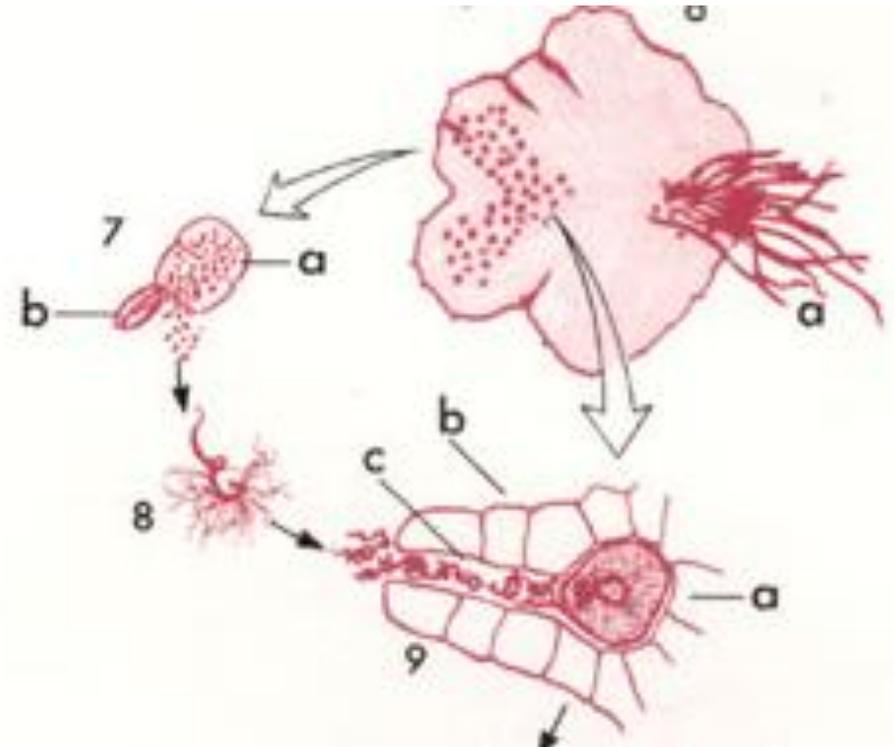
d. Fécondation et formation du zygote

- Fécondation avec des gamètes nageurs dans une eau libre = zoïdogamie



4-36. Gamètes de fougères.

- a. Spermatozoïde multiflagellé.
- b. Archégone jeune.
- c. Archégone mûr. Canal ouvert par fonte des cellules axiales.



Développement de la jeune fougère sur le prothalle, qui devient progressivement indépendante

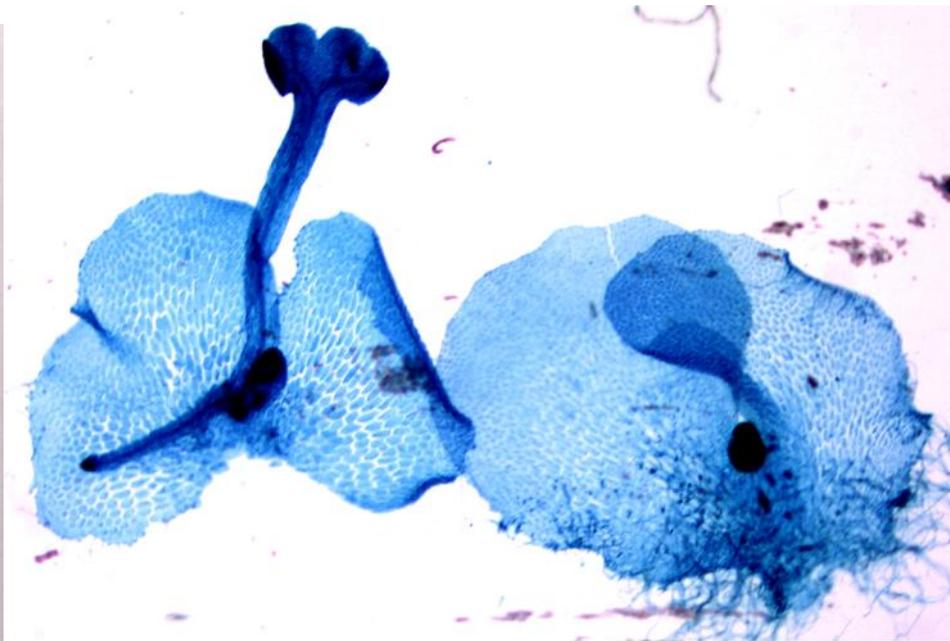
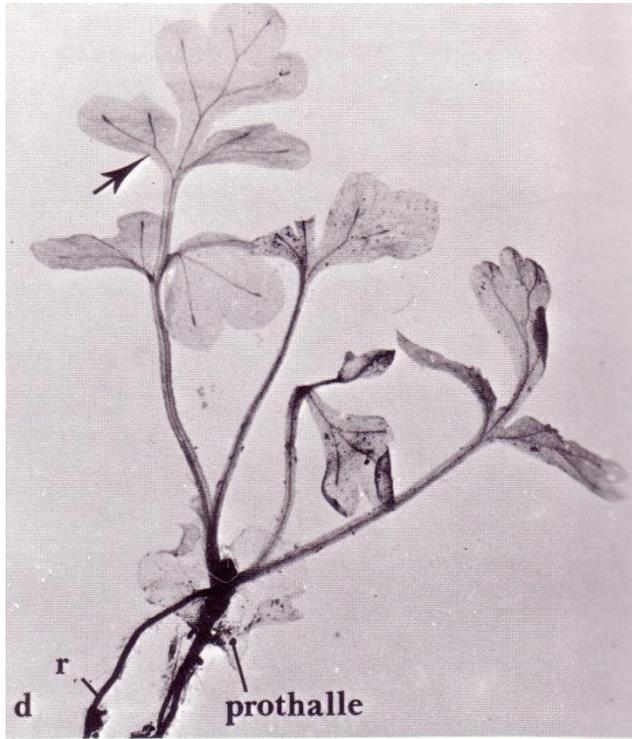
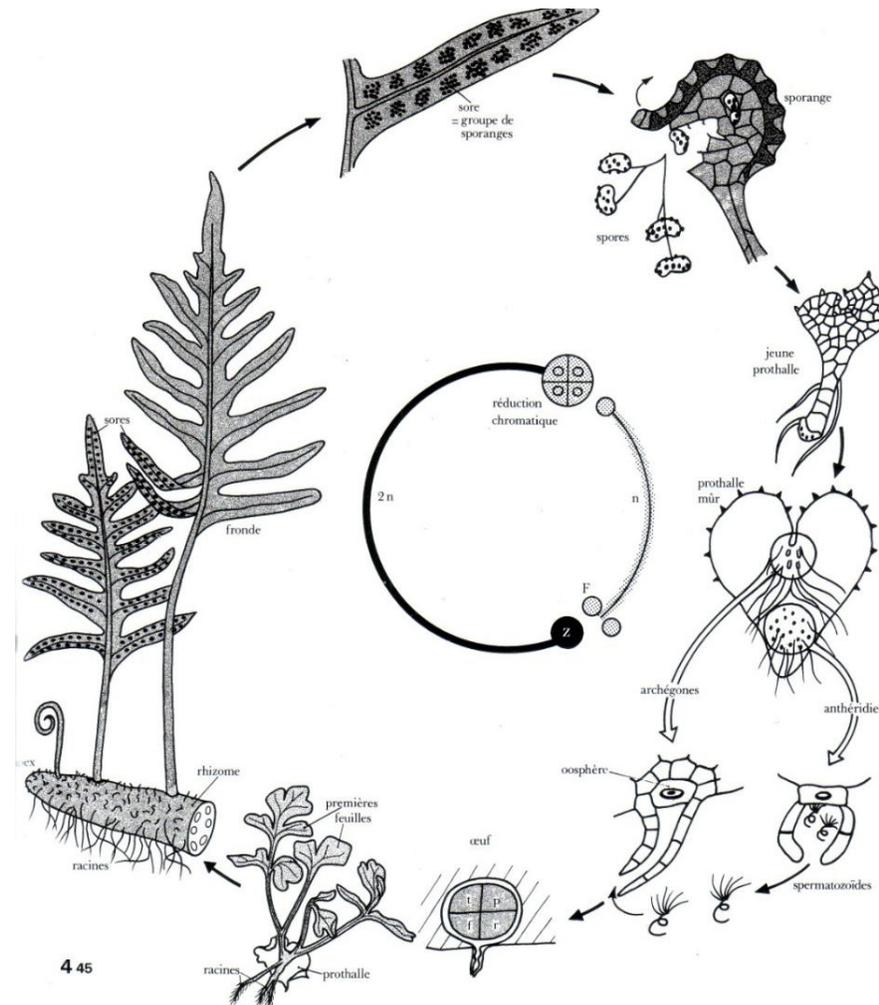


Figure 12 Fern gametophyte with young sporophyte.



e. Le cycle de développement d'une fougère

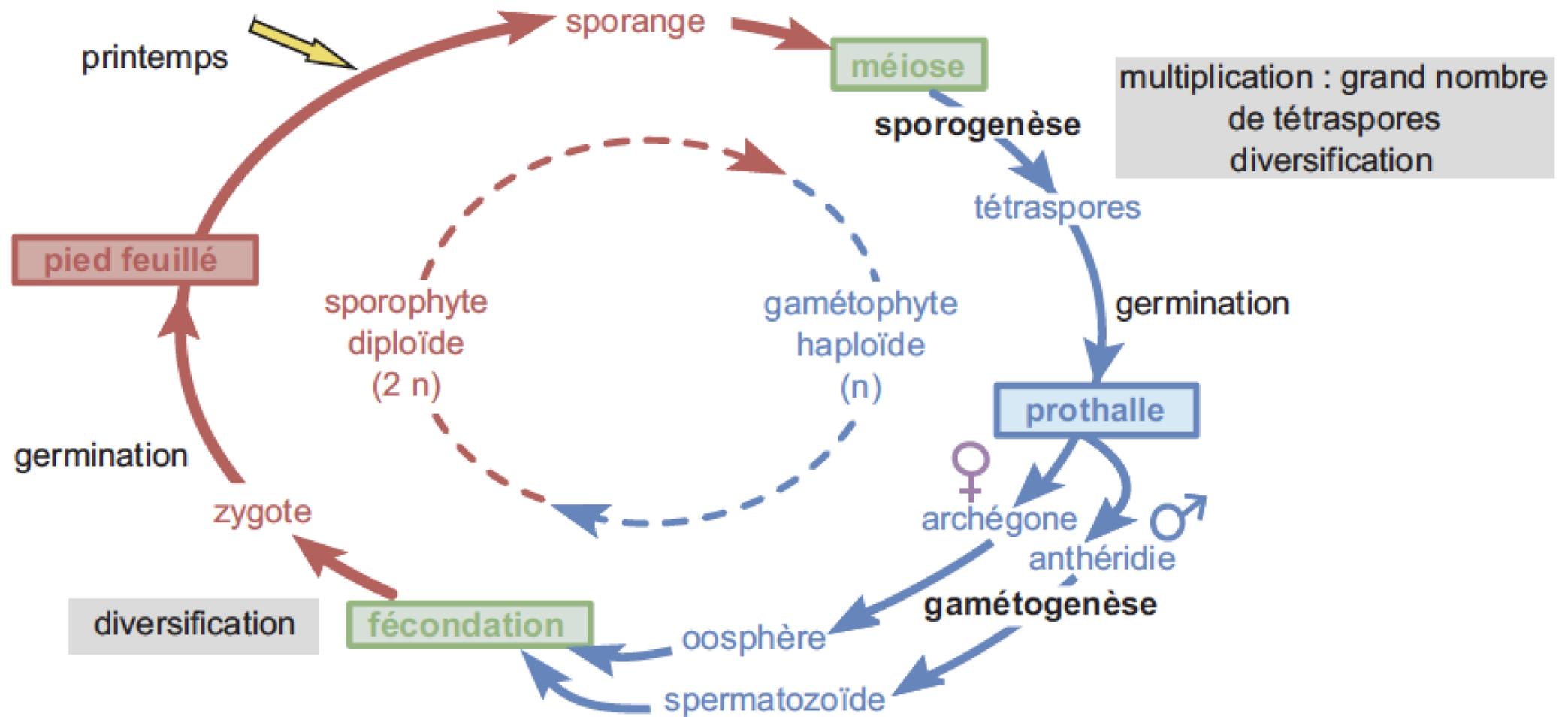
Cycle digénétique
haplodiplophasique à
diplophase dominante.



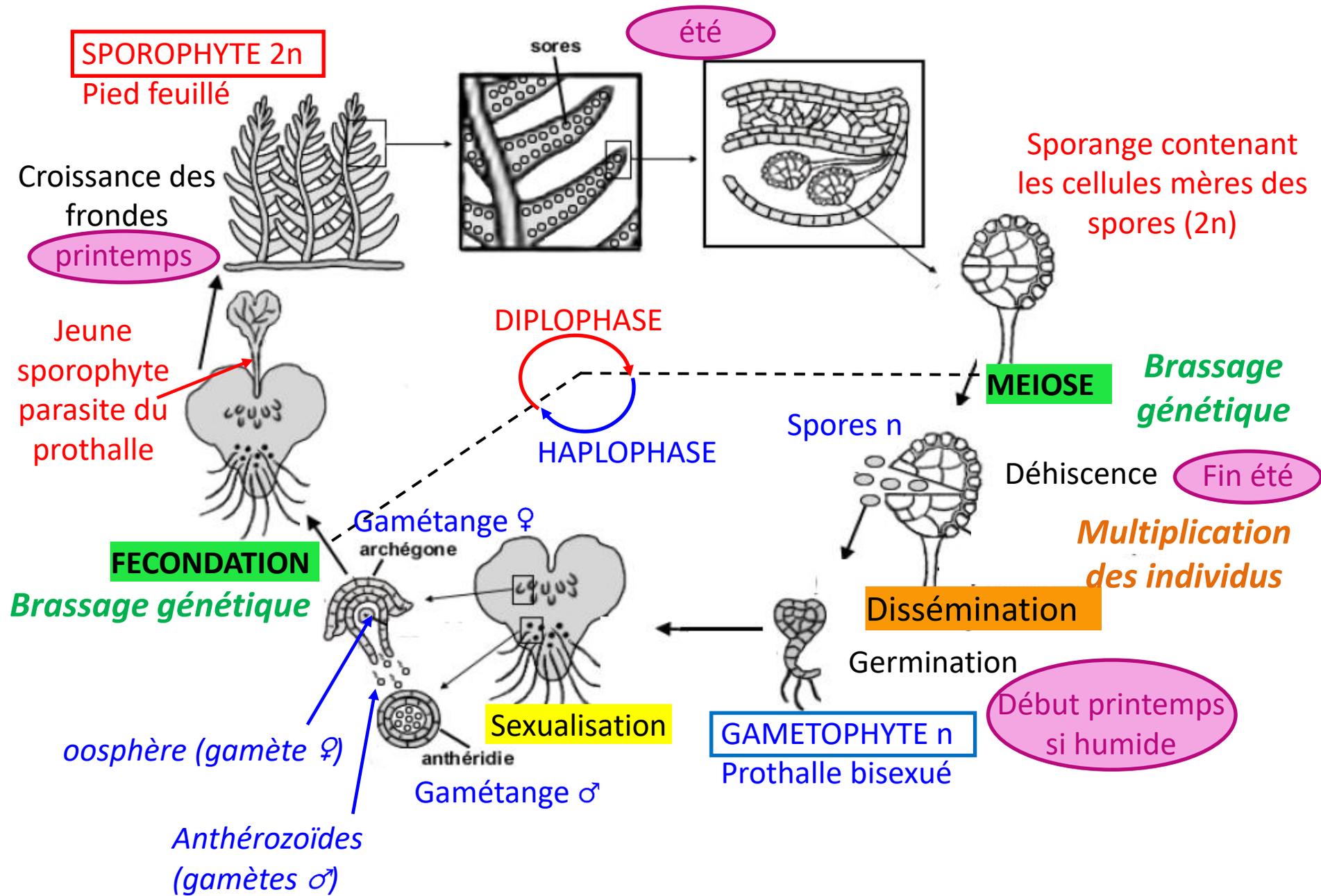
4-45. Cycle de développement du *Polypode*, type de Fougère isosporée.

e. Le cycle de développement d'une fougère

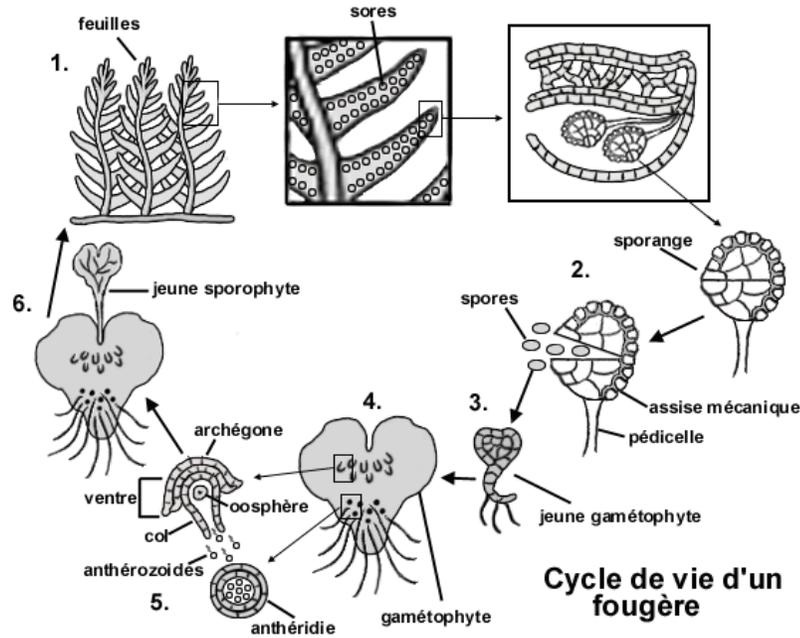
(a)



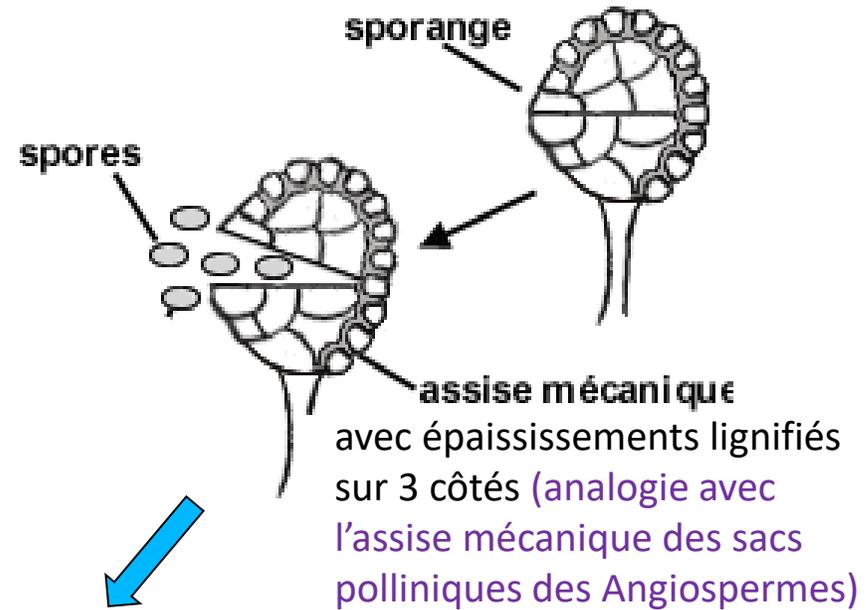
CYCLE DIGENETIQUE HAPLO-DIPLOPHASIQUE DU POLYPODE



Le cycle du Polypode est en lien avec le cycle des saisons



Libération de spores par déhiscence de l'anneau mécanique déshydraté
à la fin de l'été



Germination des spores **au printemps** (humidité, conditions favorables)



Passage de la **mauvaise saison à l'état de spore** = organe de résistance adapté à la dissémination (déshydratée, riche en réserves, paroi pecto-cellulosique épaisse et imutrescible)

Remarque

Synapomorphie des embryophytes :

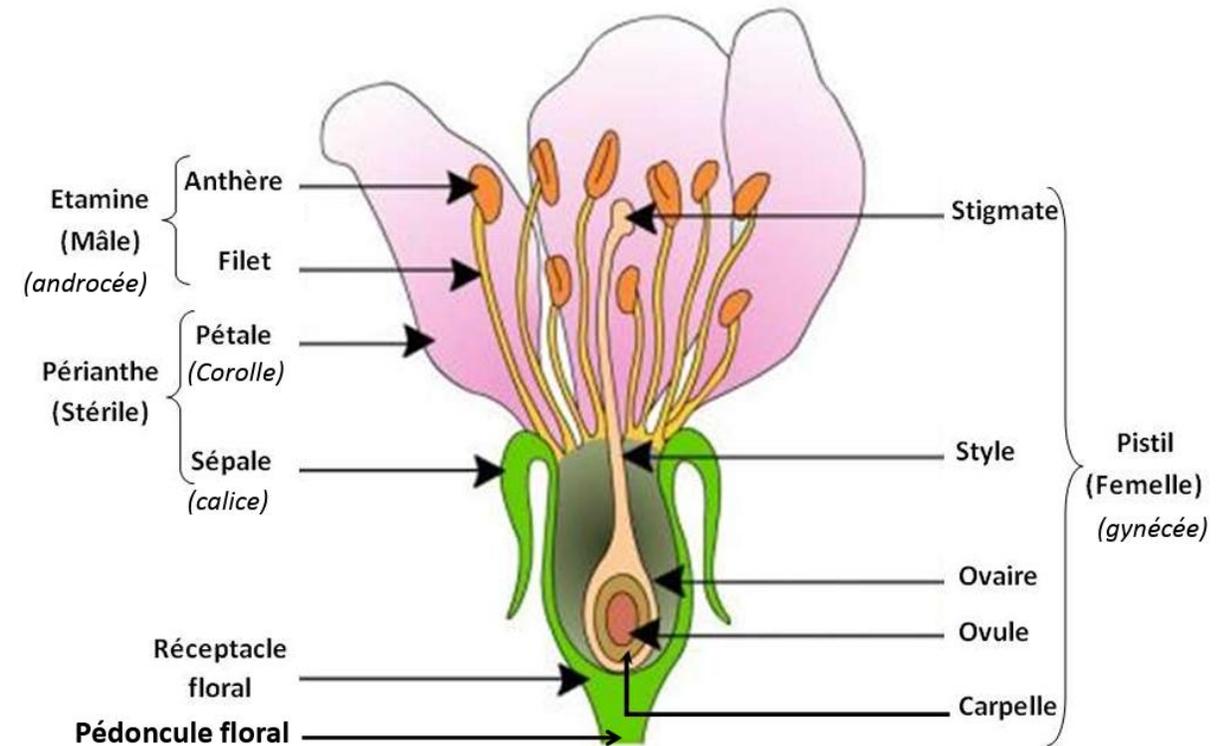
- spores, sporopollinine
- sporange = organe producteur de spores
- archégone = organe producteur du gamète femelle = gamétange femelle
- anthéridie = organe producteur du gamète mâle
- spermatozoïdes avec un centrosome à double centriole

Séance 2

SV-G La reproduction des embryophytes et des animaux

SV-G-1.2. La reproduction sexuée chez les Angiospermes.

a. Rappel sup : la fleur, un ensemble d'organes.

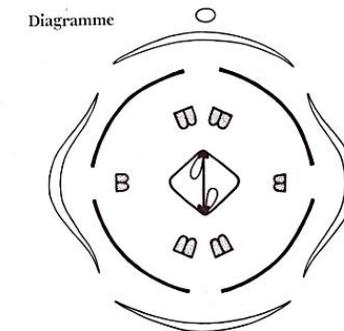
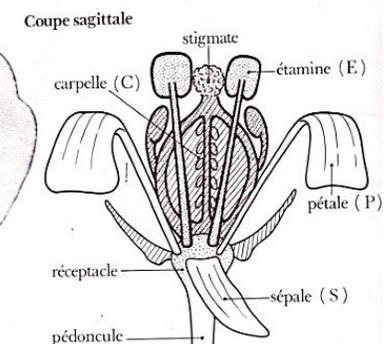


Coupe longitudinale d'une fleur de cerisier épanouie

Calice, corolle, androcée, gynécée

Lien cours SV-B-3-2

développement de la fleur



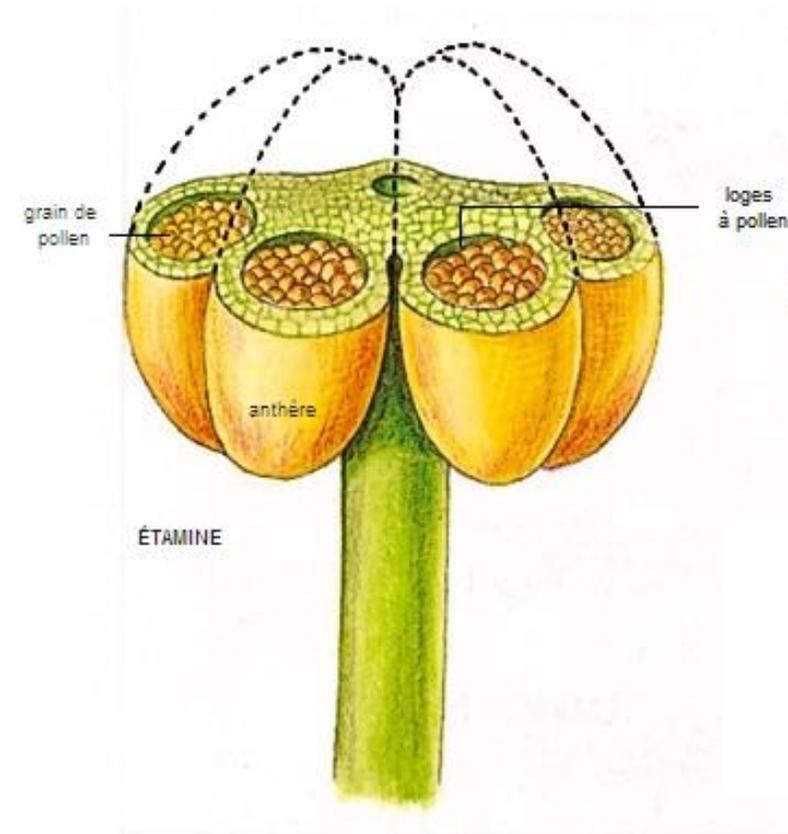
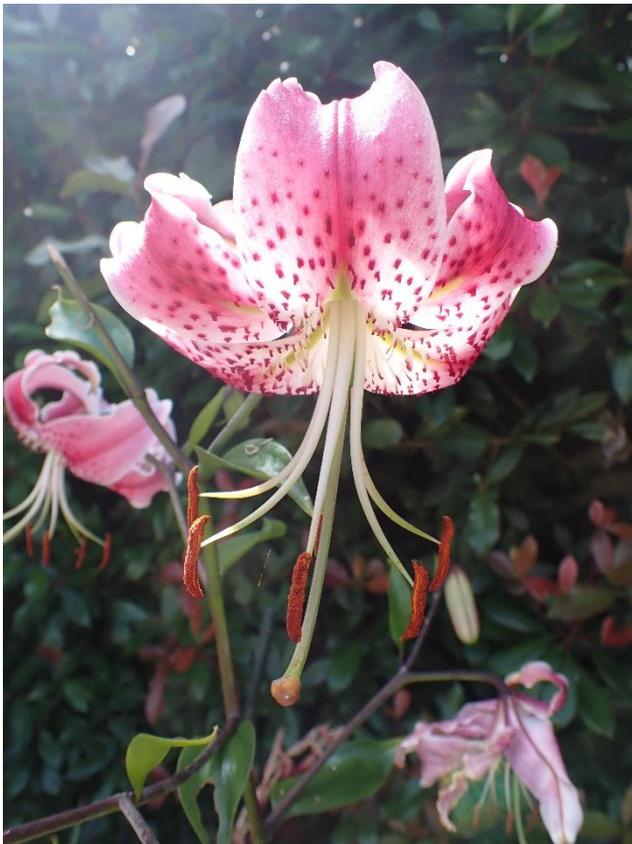
Formule florale
 $\text{♂} = 4S + 4P + (2+4)E + 2C$
 ♀

8 18

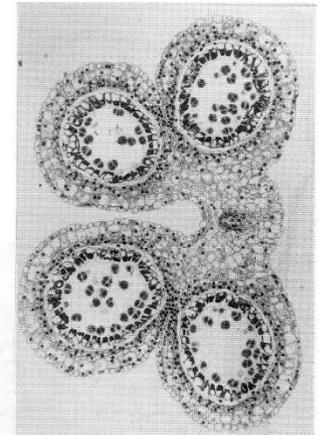
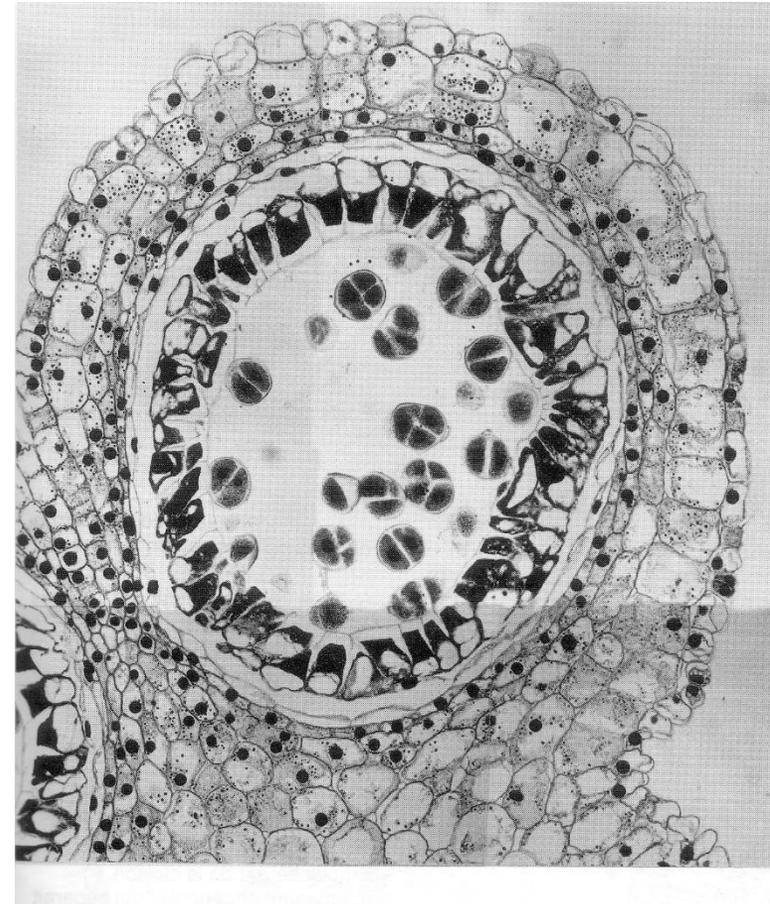
8-17 et 8-18. Organisation générale d'une fleur de capselle (*Capsea Bursa-Pastoris*, Crucifères) ($\times 50$). Pétales disposés en croix (d'où nom de la famille), 6 étamines dont 4 plus grandes (androcée tétradyname).

b. Etamines et pollen

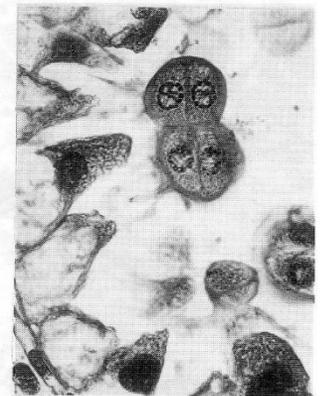
Lien TP : étamine, lieu de production des spores mâles = microsopres



Etamine : filet, anthère et formation du pollen



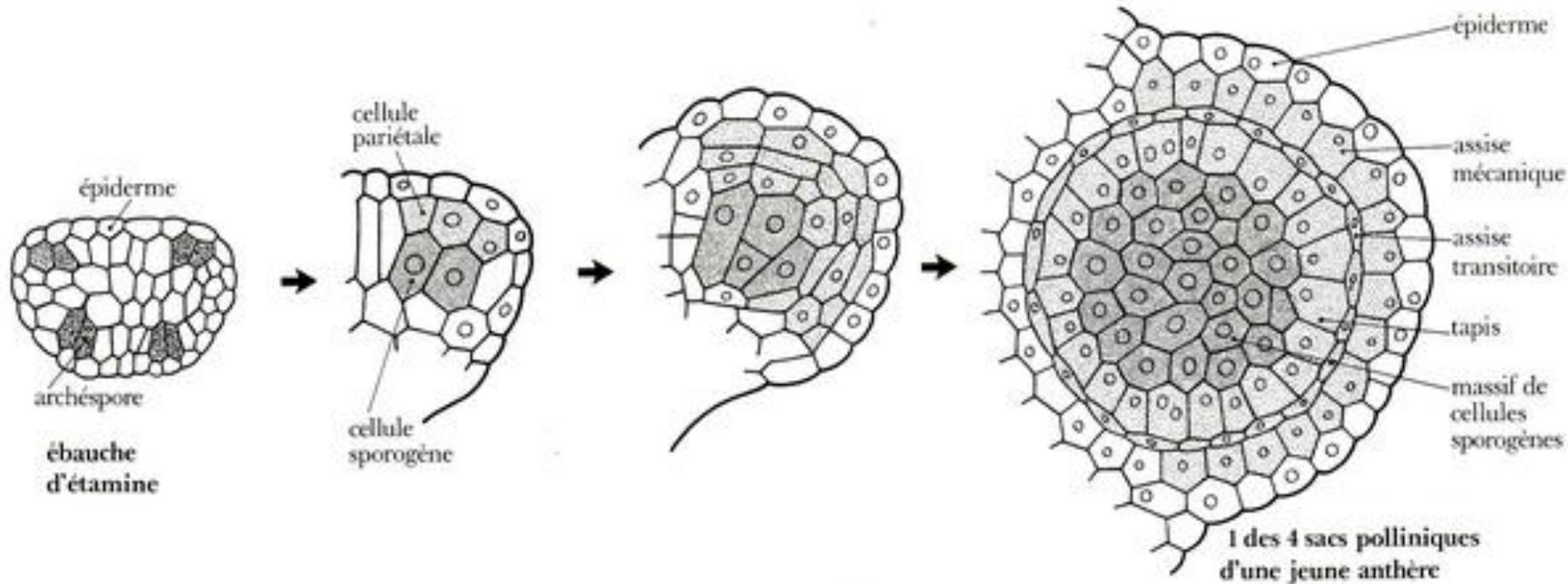
2



3

Formation de la loge pollinique

Lien cours méristème floral SV-B-3-2 système ABC



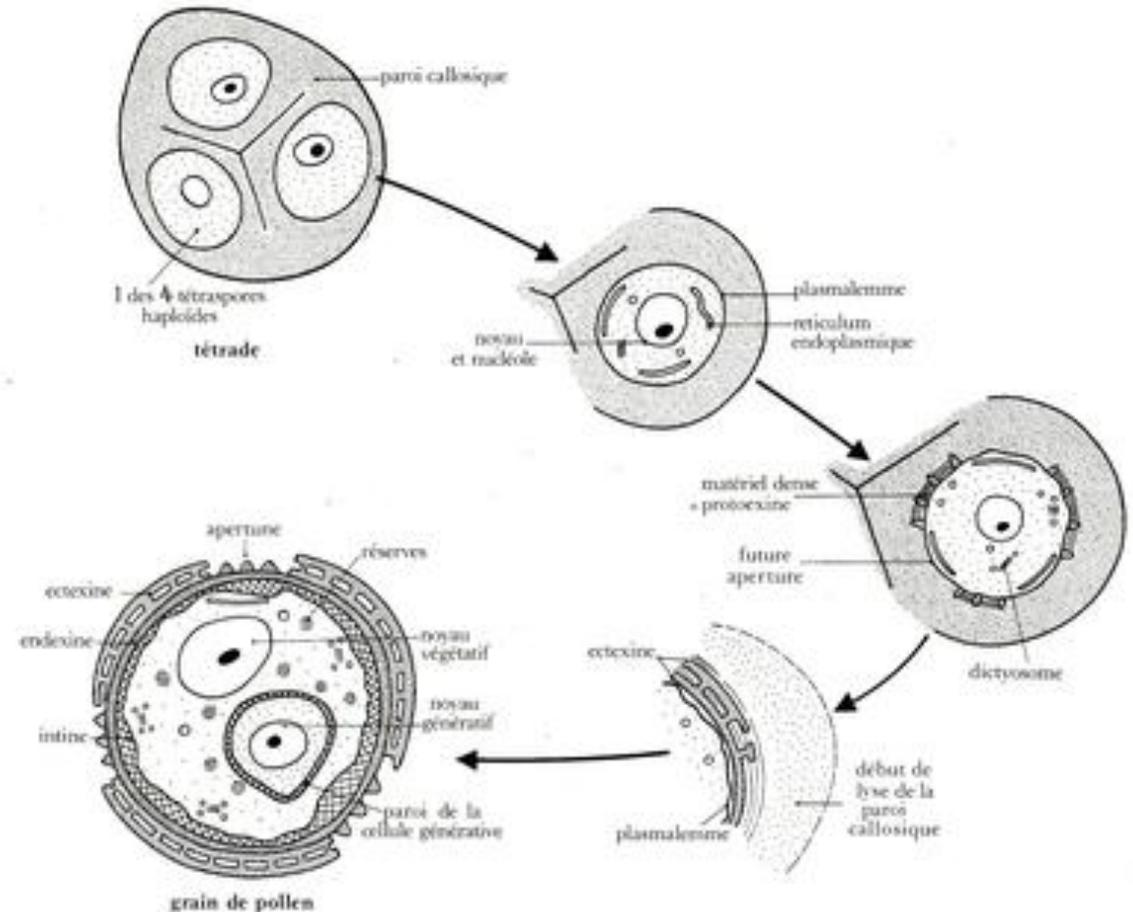
Mise en place des types cellulaires dans une jeune anthère.

Donc une loge pollinique = un sporange mâle (sexualisation des sporanges)

Méiose des cellules sporogènes : formation de tétrades de spores mâles

Formation des spores mâles

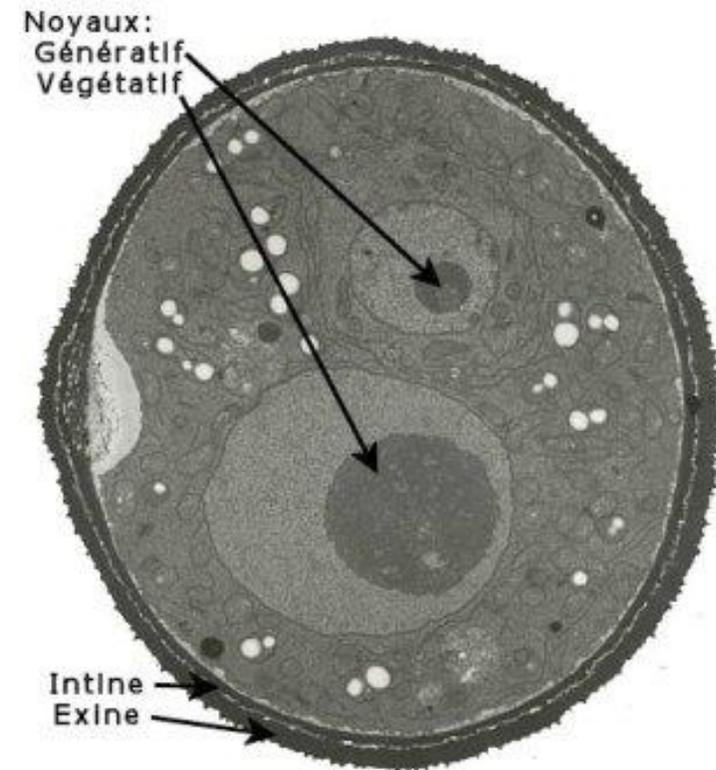
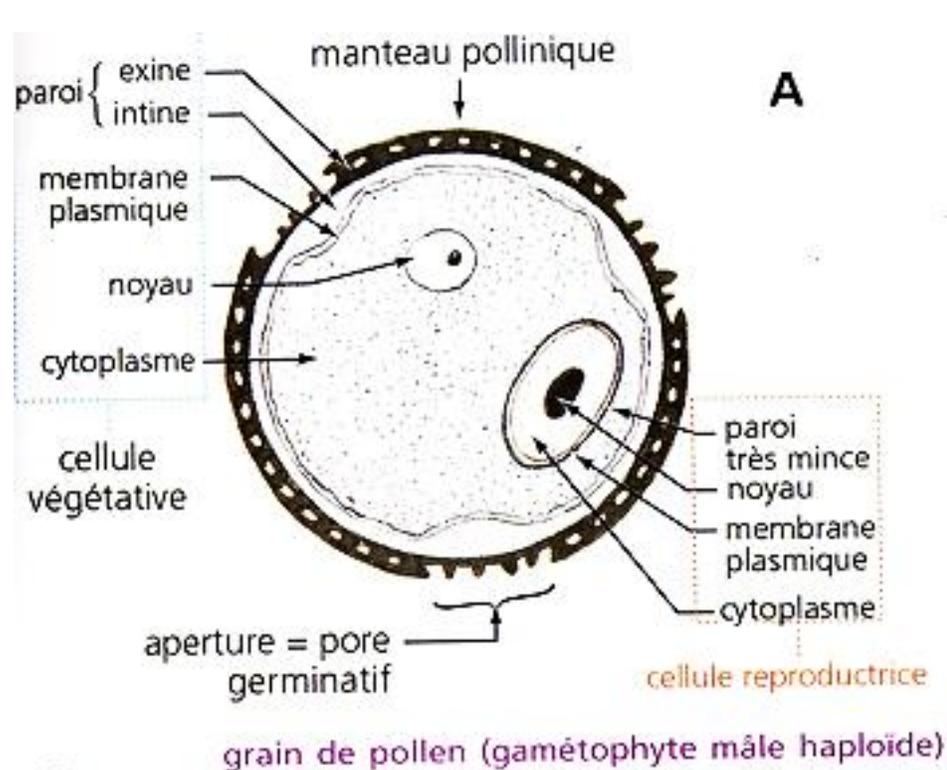
Développement de la spore mâle dans le sporange mâle = **endoprothallie**



De la tétraspore au grain de pollen.

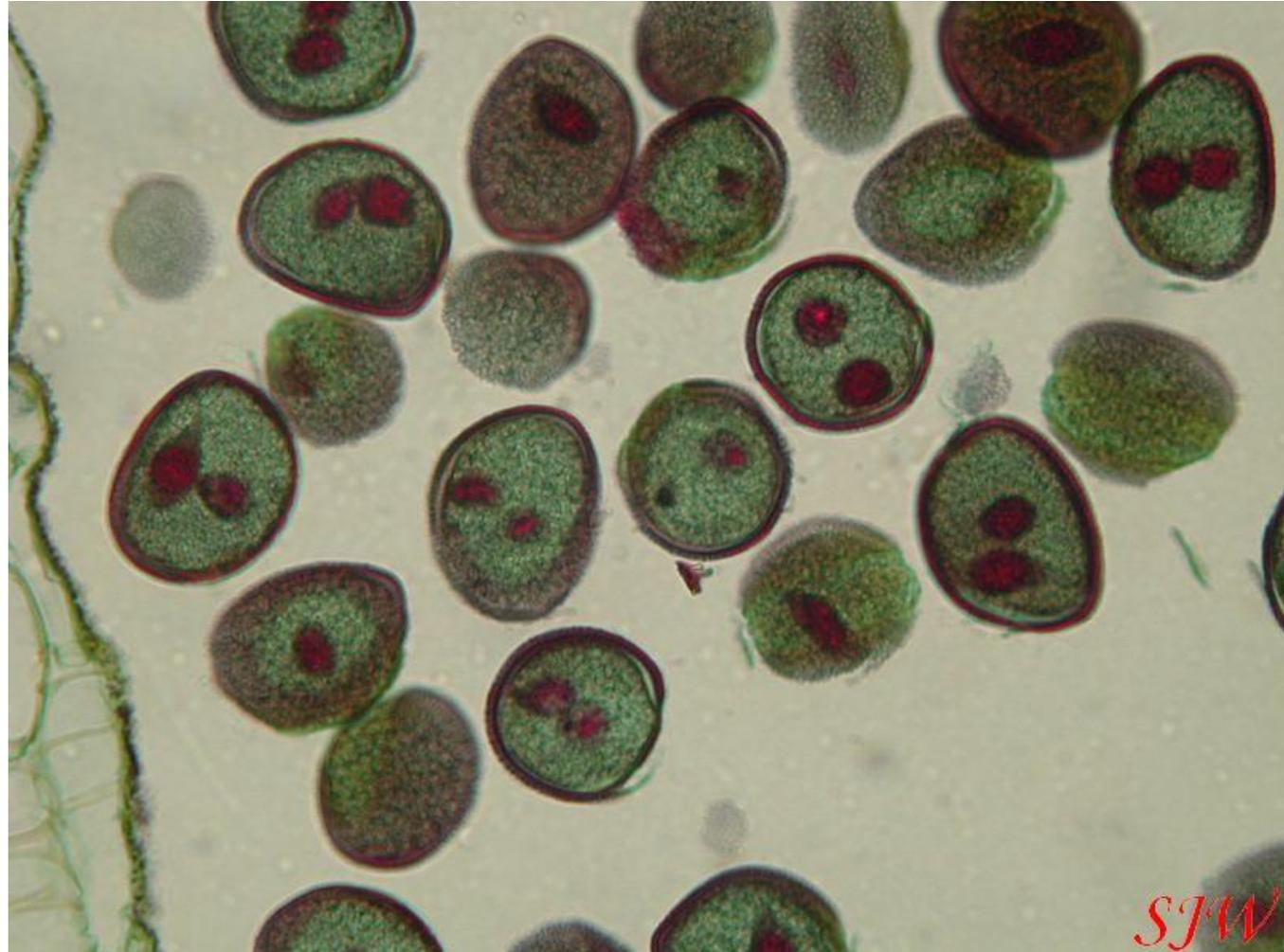
De la spore mâle au pollen

Une ou deux mitoses : une cellule végétative et une cellule spermatogène (ou deux spermatozoïdes) : pollen à deux ou à trois cellules



Pollen = gamétophyte mâle = individu
haploïde mâle

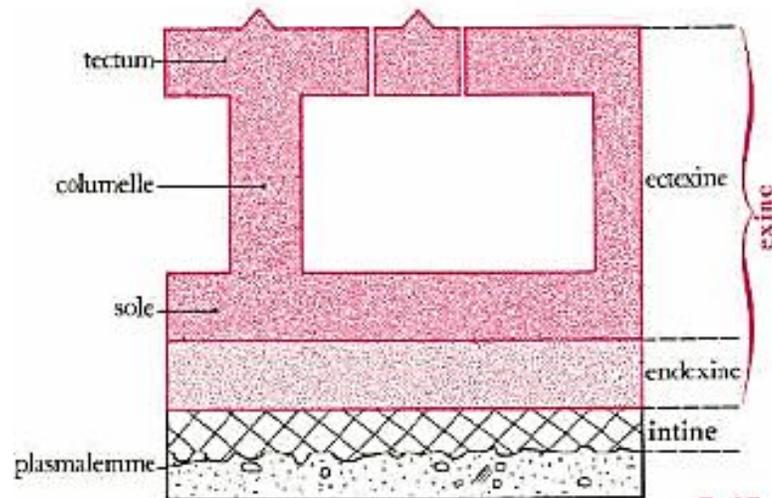
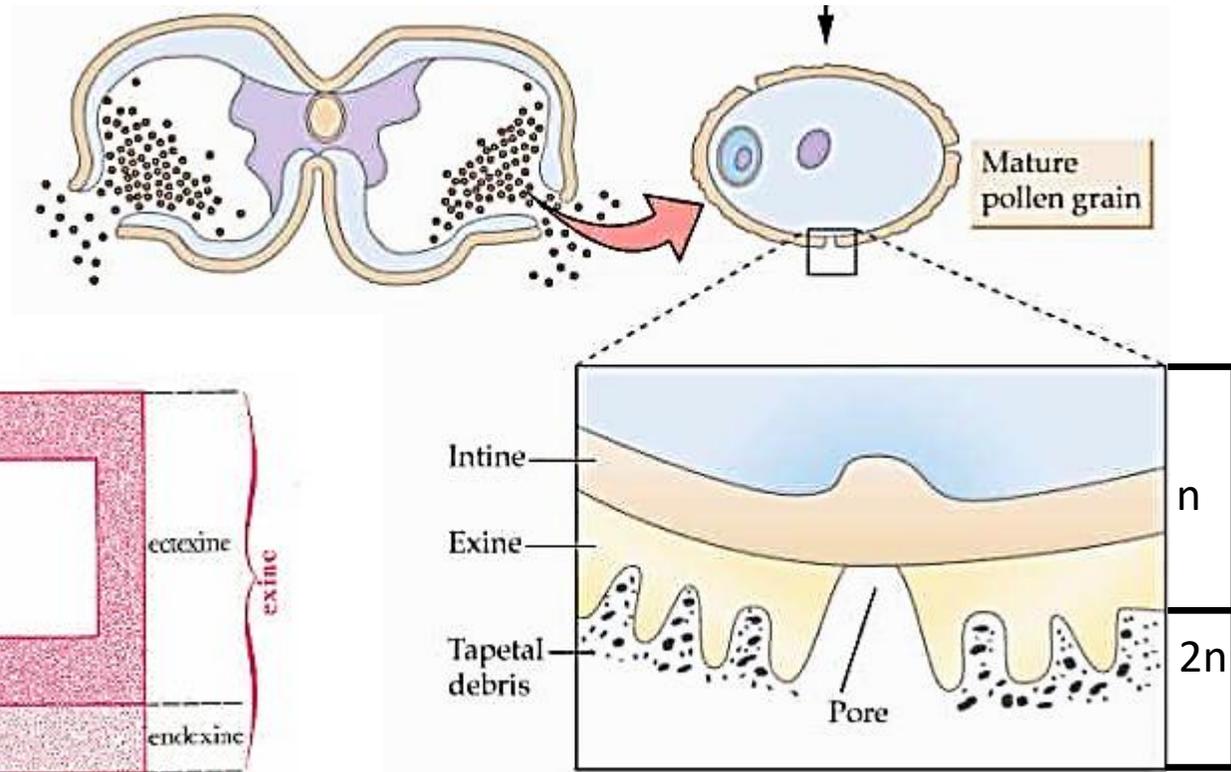
A maturité le pollen
est déshydraté,
chargé de réserves
et en vie ralentie



Importance de la paroi du pollen et de la déshydratation (vie ralentie)

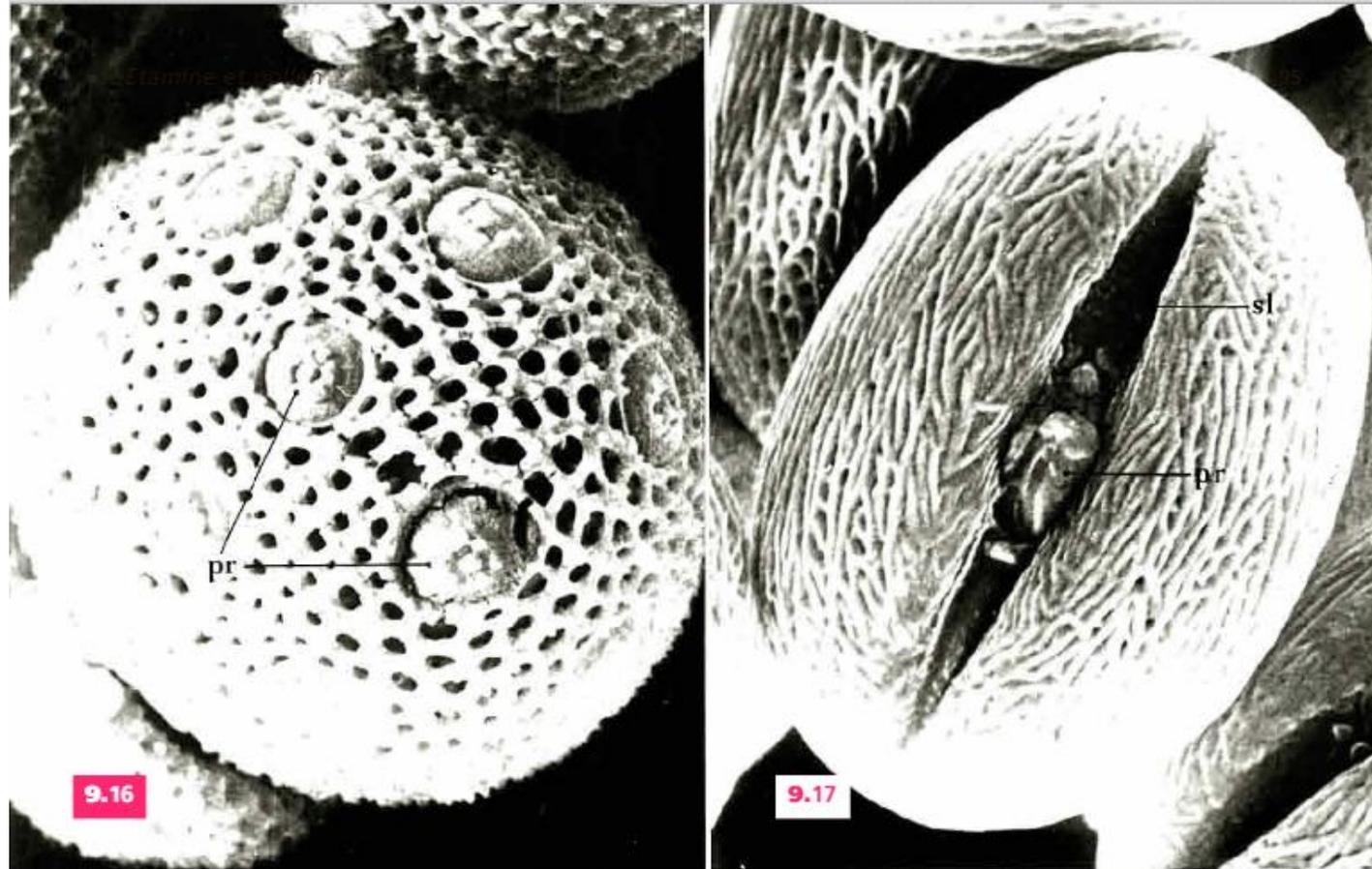
Exine avec sporopollénine
(et glycoprotéines)

Intine surtout cellulosique



9.15

Lien TP : utilisation des pores germinatifs pour la systématique



c. Carpelles et ovules

Structure du carpelle :
rappel TP

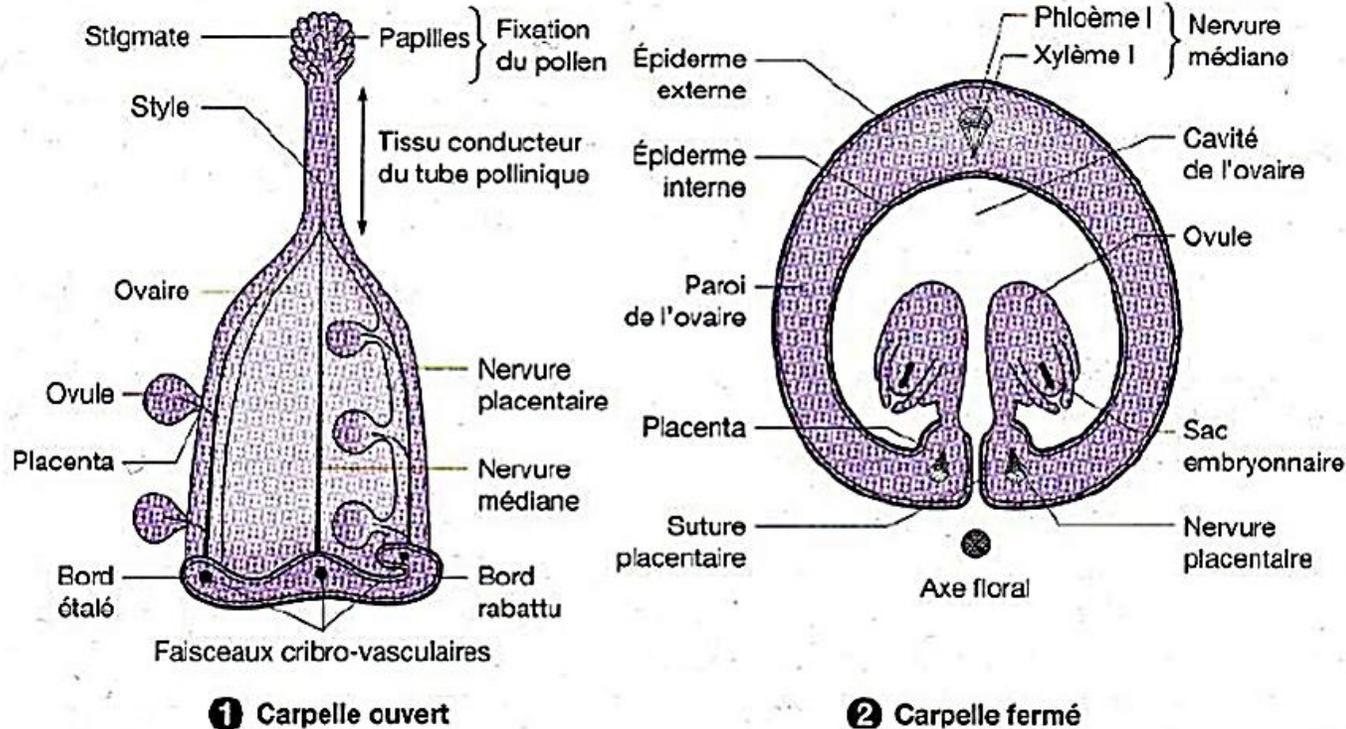
Lien SV-B-3-2

Système ABC



Carpelle : une originalité des angiospermes

CL et CT

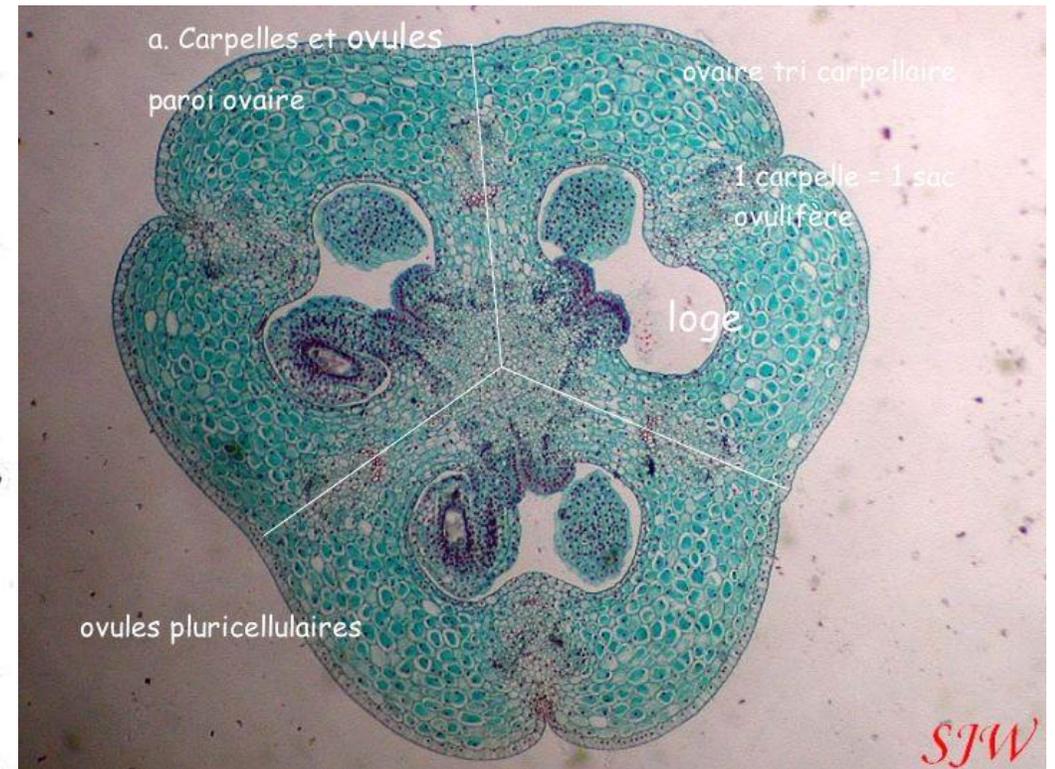


1 Carpelle ouvert

2 Carpelle fermé

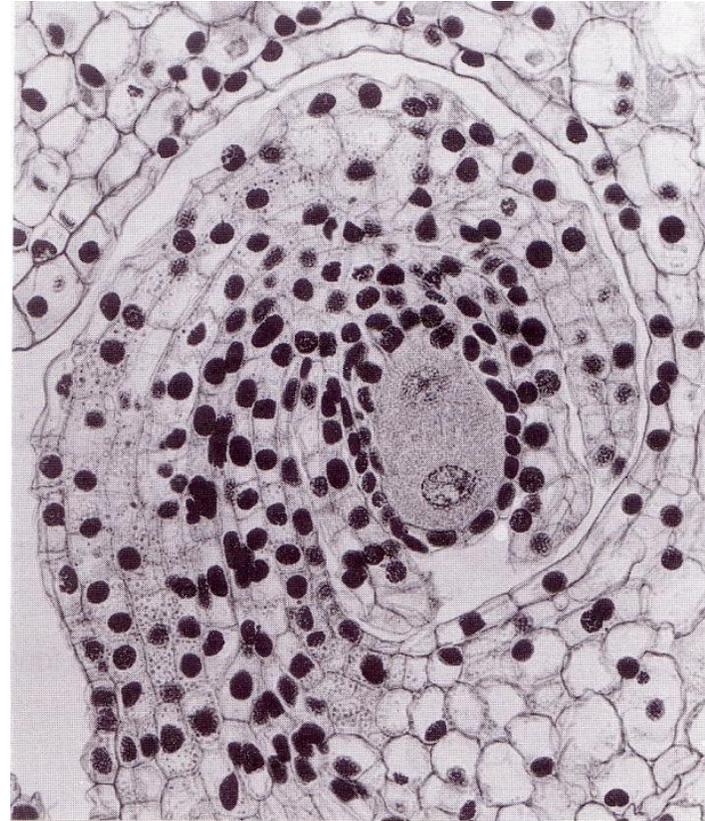
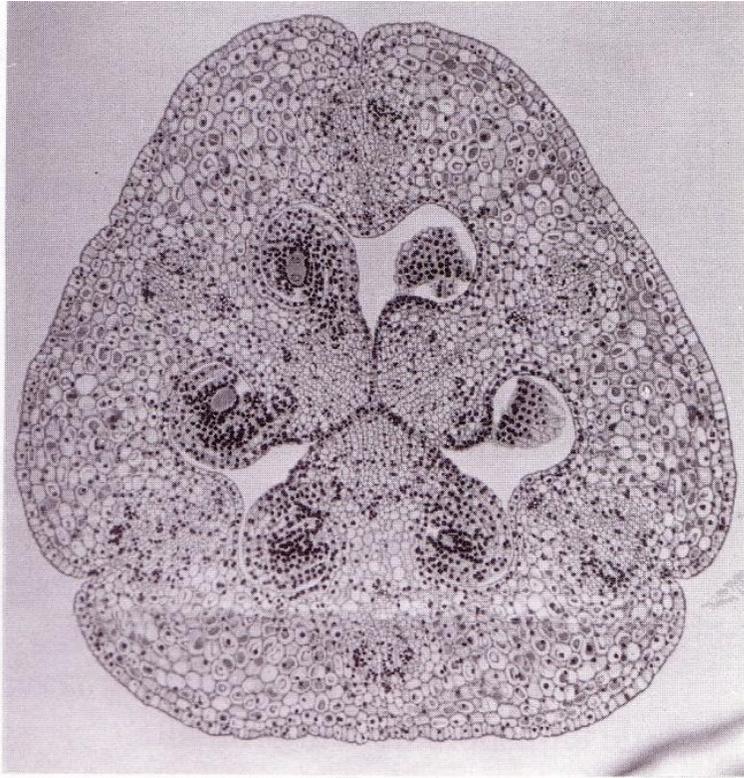
Structure d'un carpelle

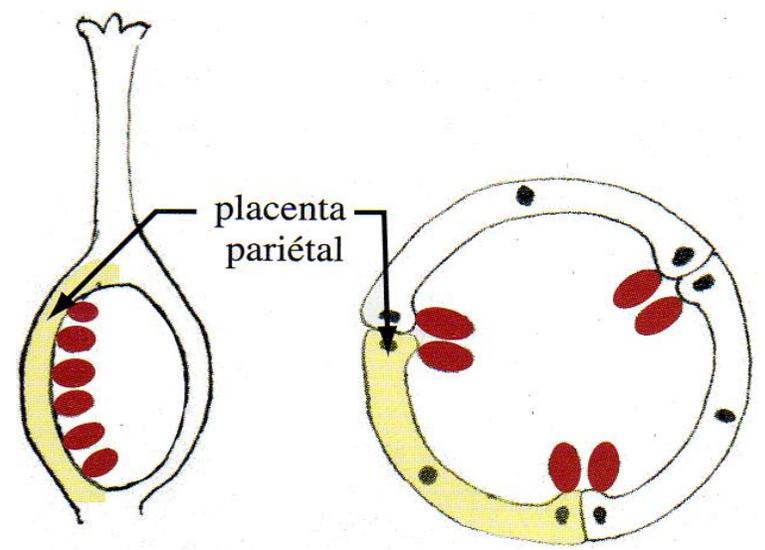
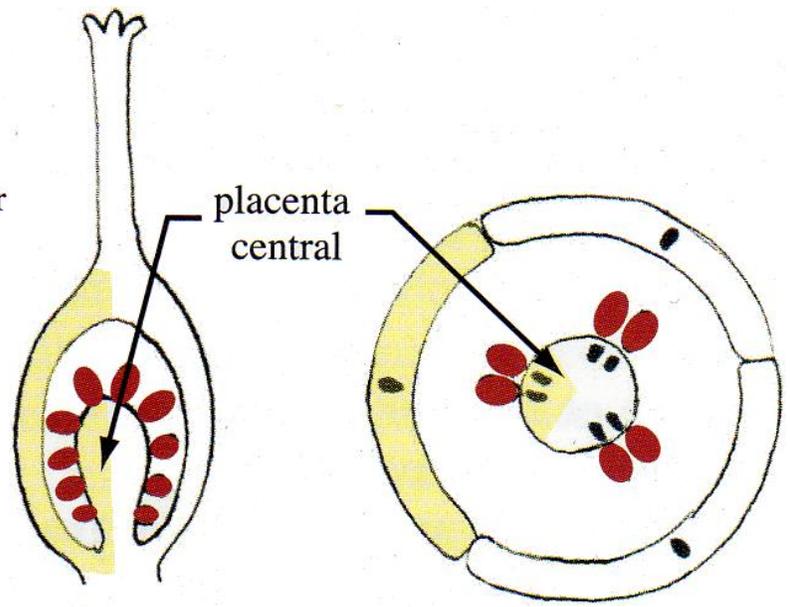
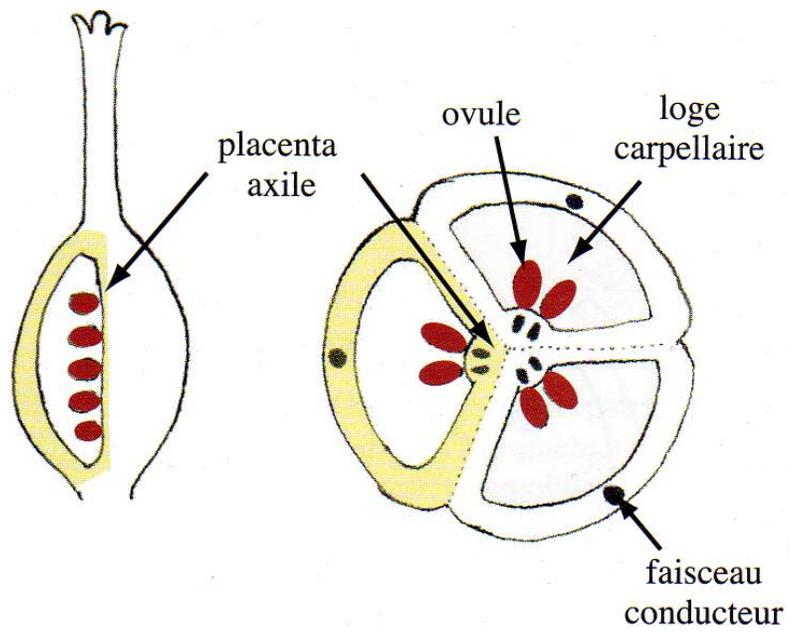
1. Carpelle ouvert. 2. Coupe transversale d'un carpelle fermé.

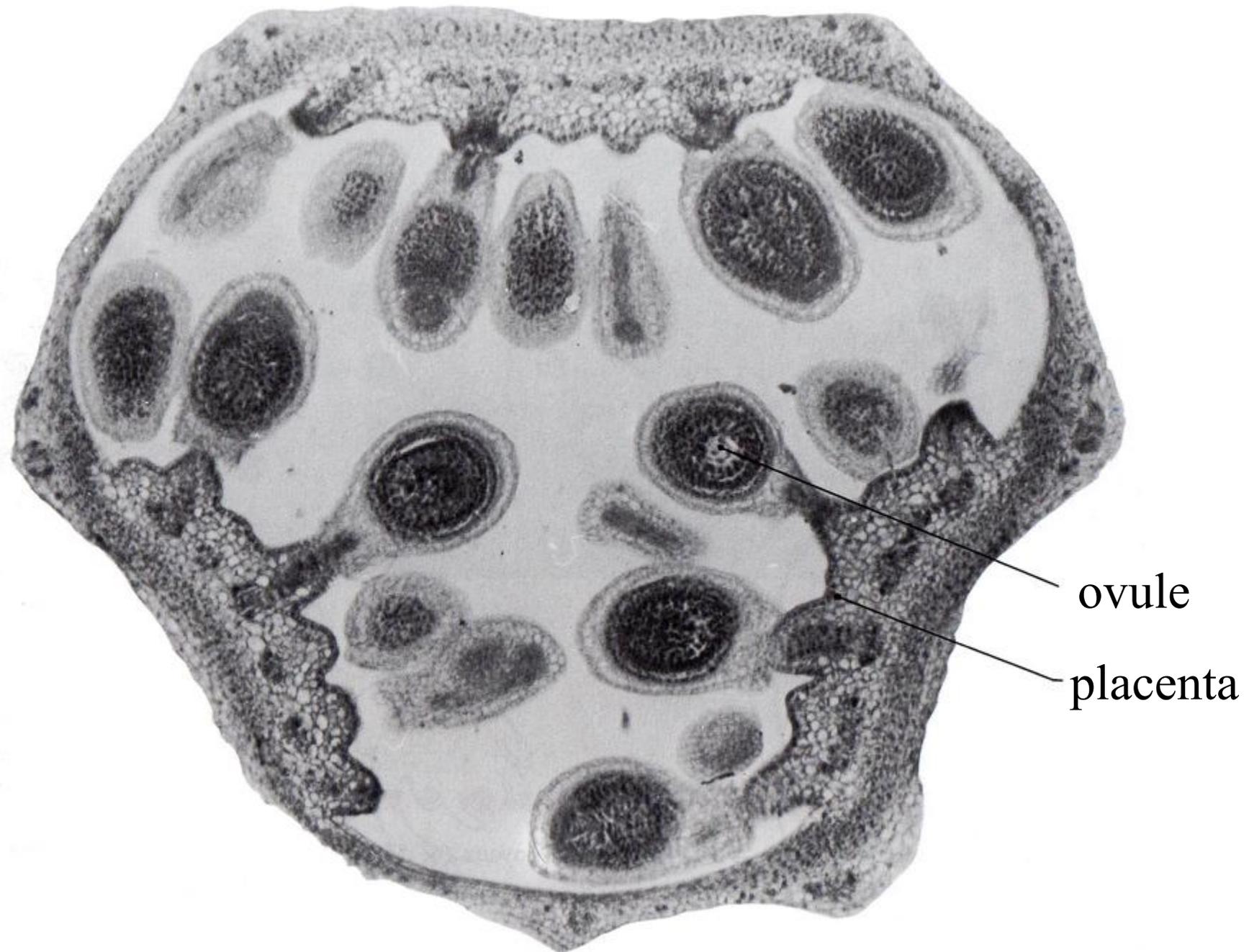


Angiospermie : l'une des synapomorphies des angiospermes

Carpelle clos







ovule

placenta

Coupe transversale de l'ovaire de la fleur de violette

Enveloppes florales et gynécée

Placentation de l'ovaire



apicale



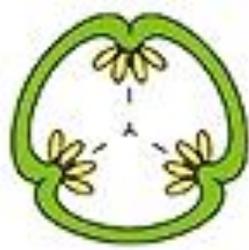
basale



axile



centrale



pariétale



laminale



marginale

L'ovule

Rappel TP

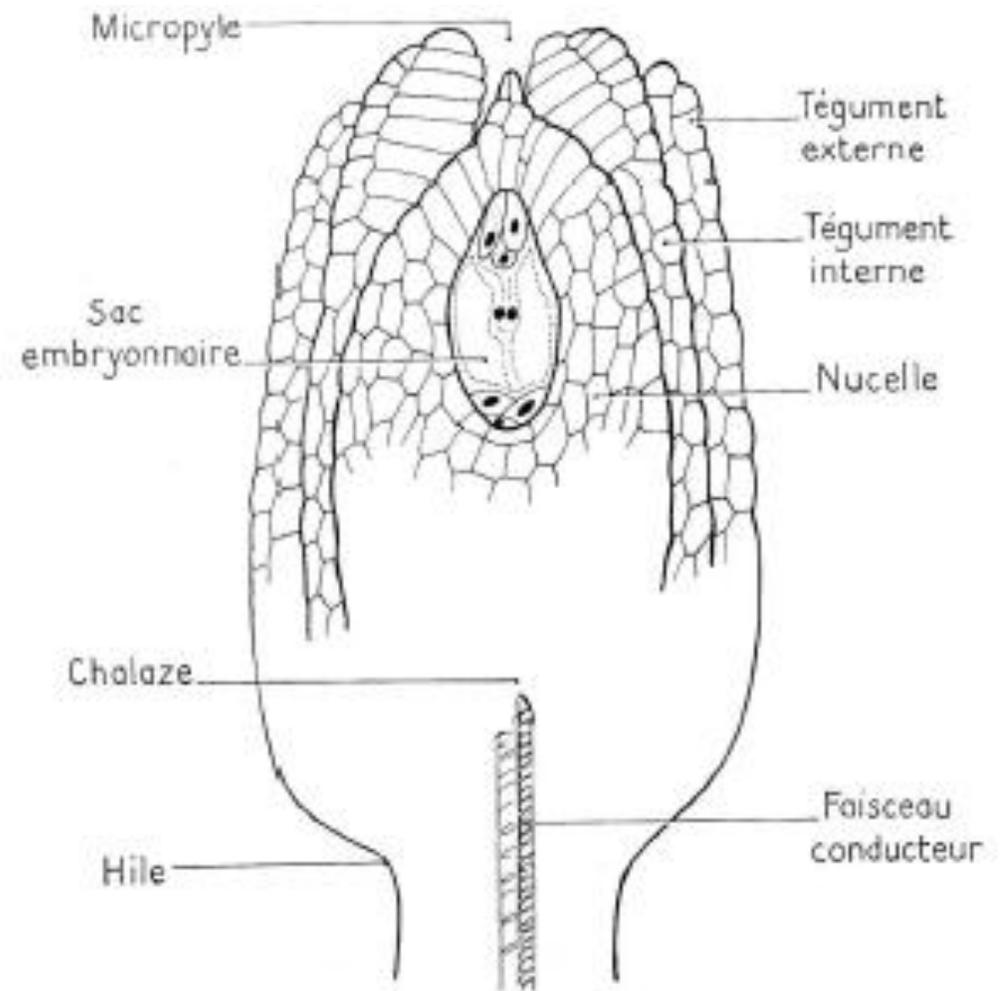
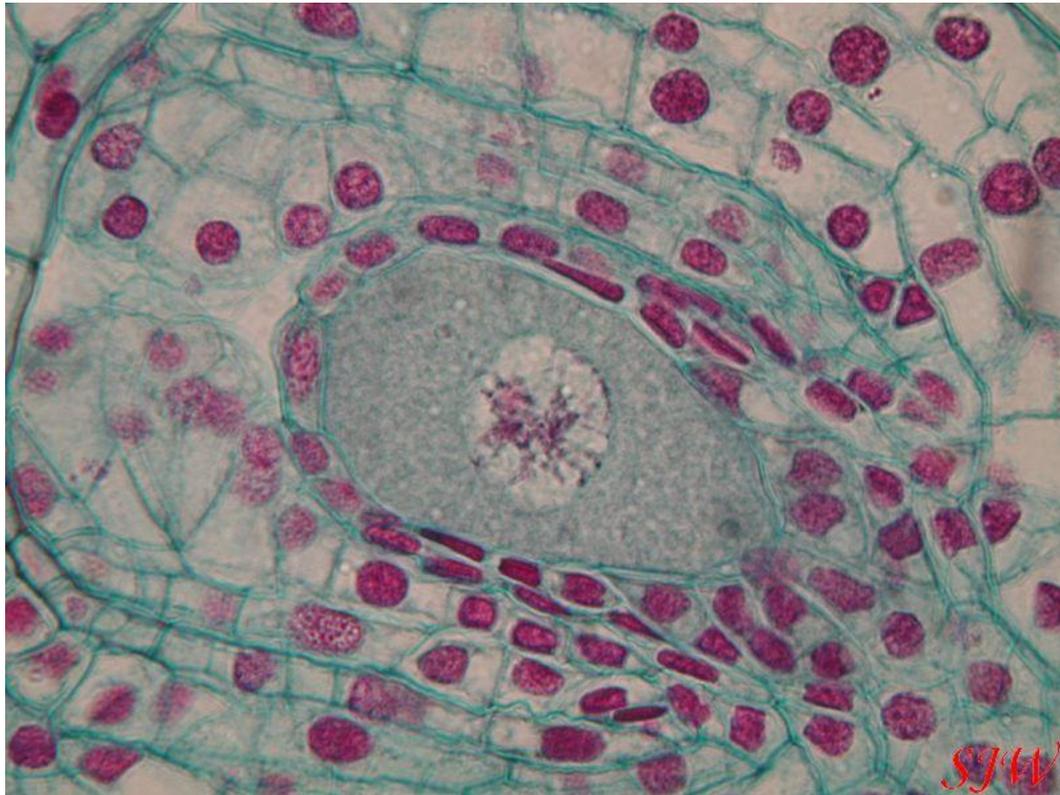
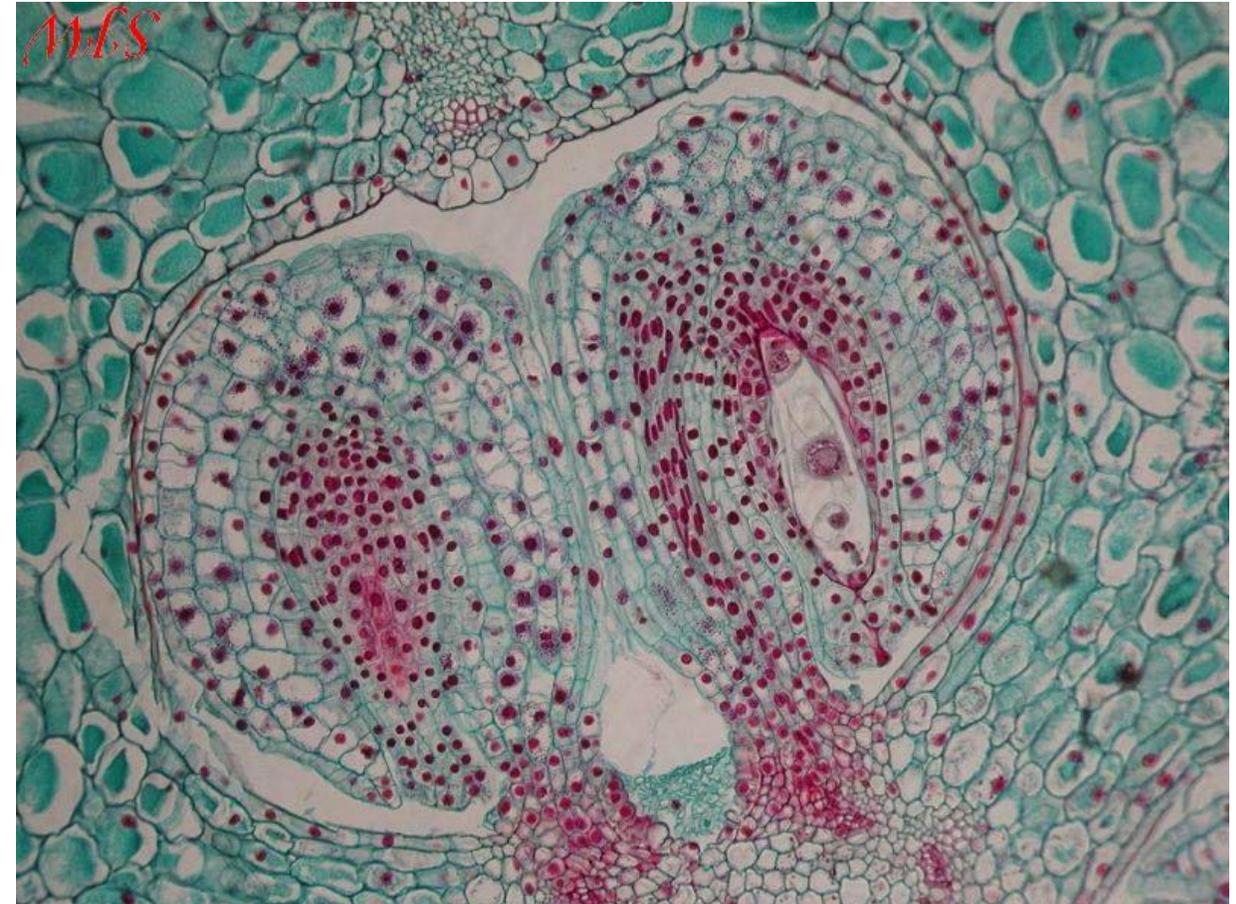
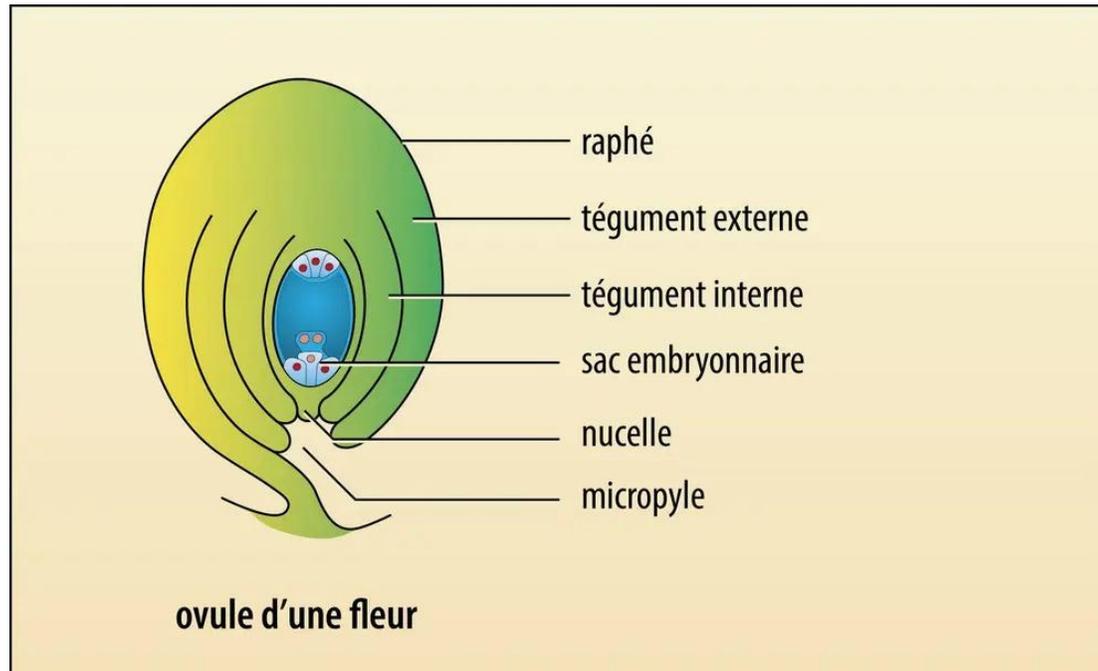
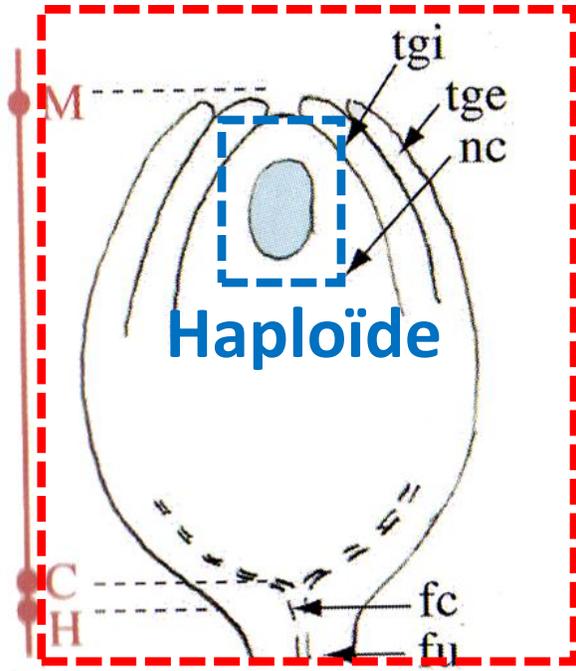


fig. 248. — Organisation générale d'un ovule d'Angiosperme (la partie rétrécie à la base de l'ovule est le funicule).

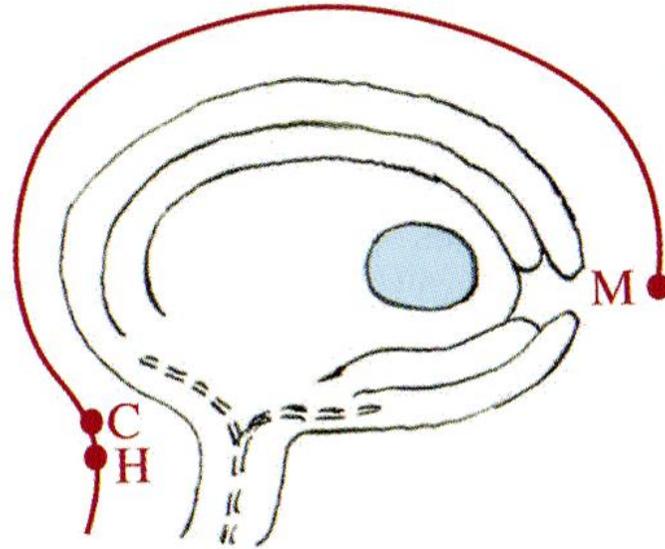
Ovule



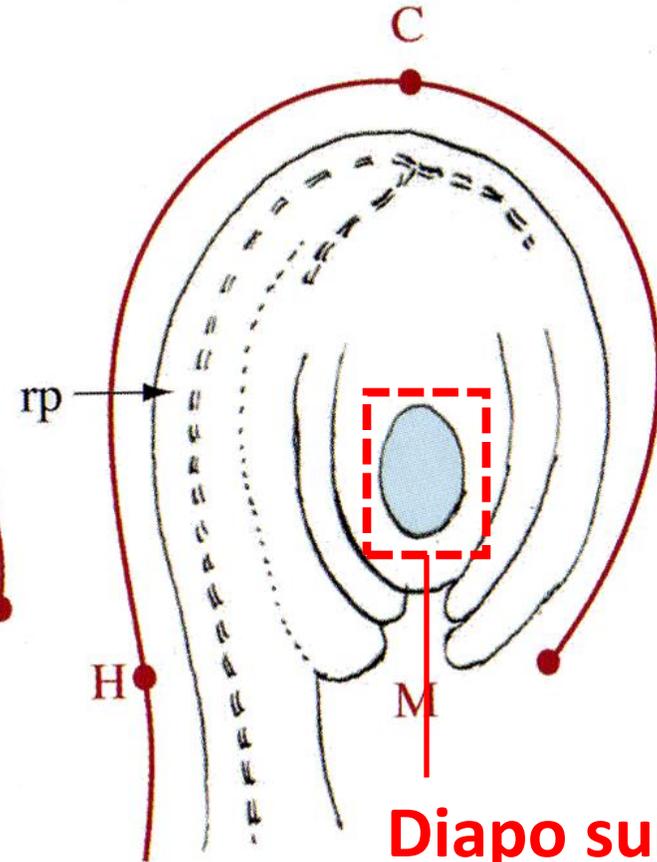
Diploïde



Ovule droit ou orthotrope

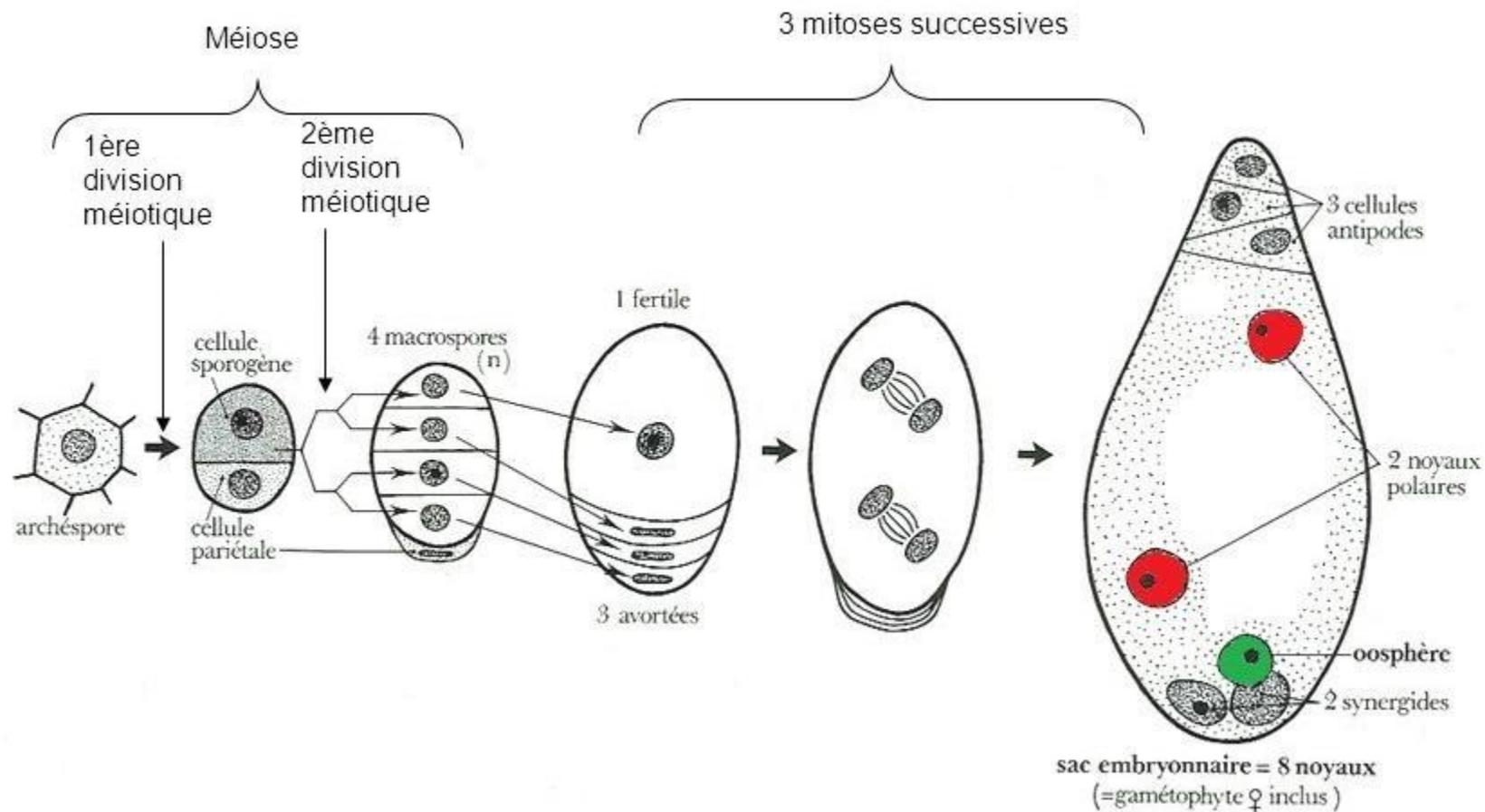


Ovule courbe ou campilotrope



Ovule renversé ou anatrope

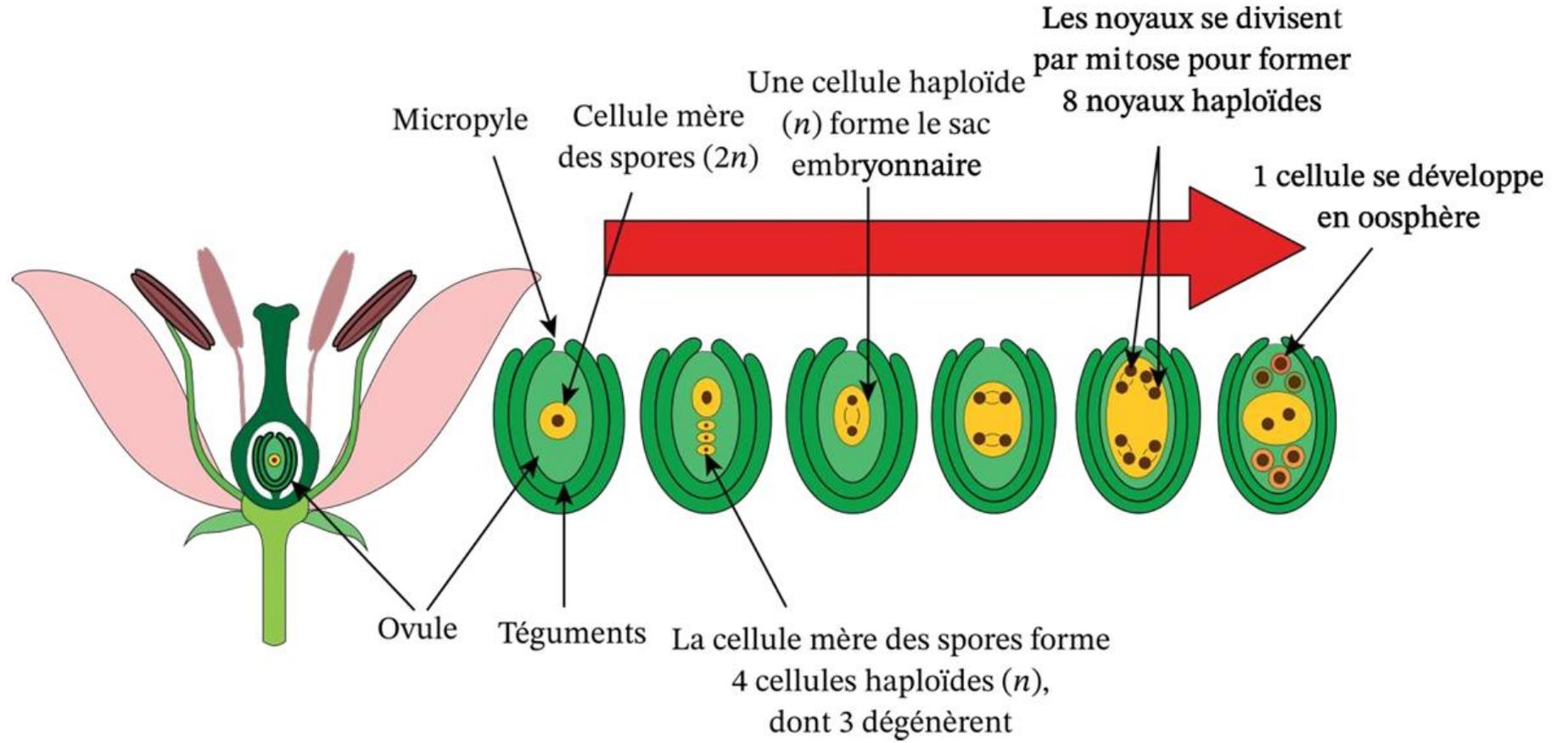
Pas une cellule mais un ensemble de cellules qui comprends les téguments et le nucelle diploïde et le sac embryonnaire (haploïde)



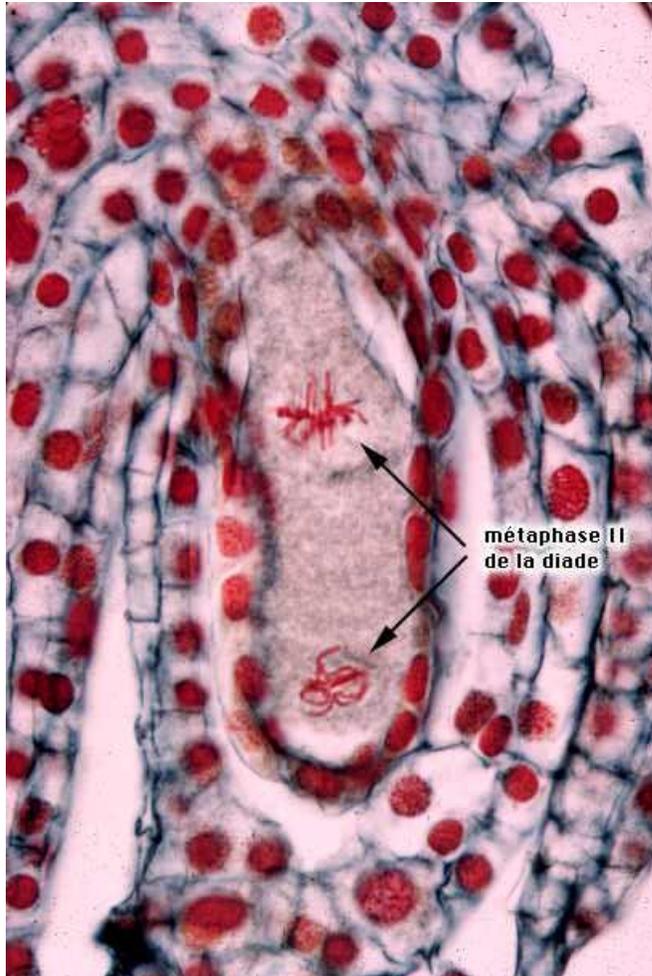
Dans chaque loge carpellaire un massif cellulaire se met en place par mitose. Puis dans le nucelle, une cellule, la cellule mère de spores subit une méiose à l'origine d'une tétrade linéaire dirigé vers le micropyle, les trois plus proches du micropyle dégénèrent. Il ne reste qu'une **macrospore (haploïde)** = spore femelle = une méiospore \neq gamète.

La macrospore subit 3 mitoses, formation de 8 noyaux répartis dans un ensemble de 7 cellules appelées **sac embryonnaire = le gamétophyte femelle**. Le nucelle étant l'organe dans lequel se forme les méiospores, cela fait de lui **le macrosporangie indéhiscent**.

*Devenir de la
cellule mère des
mégaspores chez
les Angiospermes.
Modifié d'après
nagwa.com*



Formation du sac embryonnaire



Sac embryonnaire



Sac embryonnaire du Lis blanc (a, antipodes ; nu, nucelle ; Oo, noyau de l'oosphère ; S₁, S₂, noyaux des synergides) (G × 500).

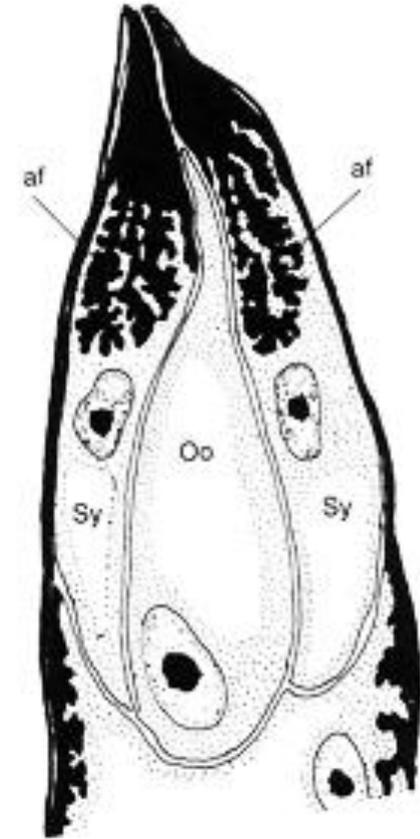
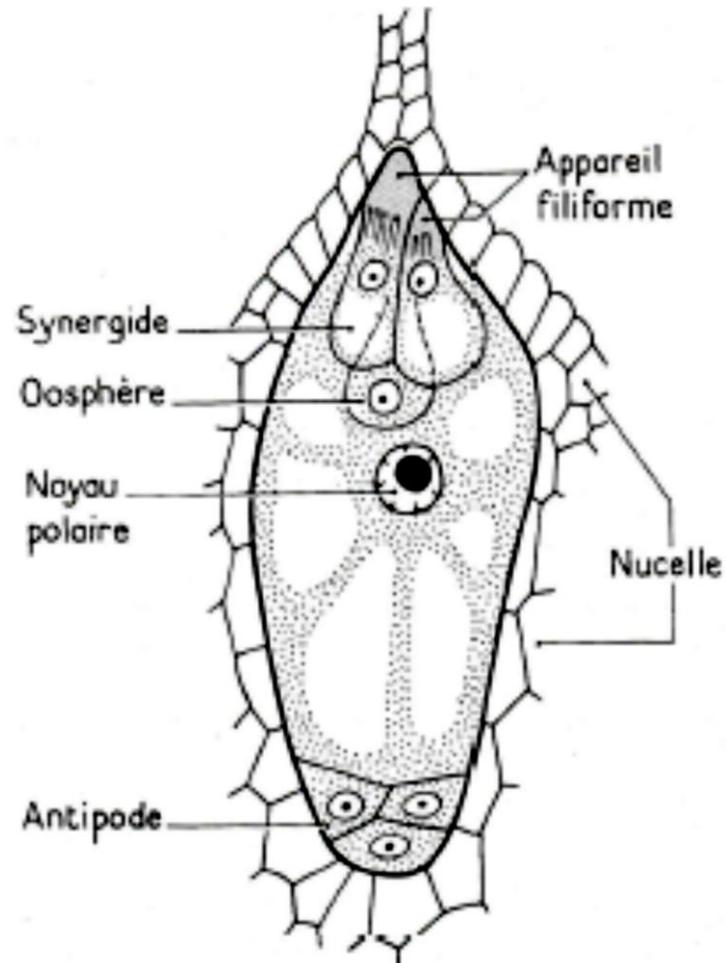


Fig. IV-15 : Oosphère (Oo) et synergides (Sy) dans un sac embryonnaire de Lin.
af, appareil filiforme.
(D'après J. VAZART, modifié).

Bilan

Carpelle = organe original aux angiospermes

Ovule = macrosporange femelle

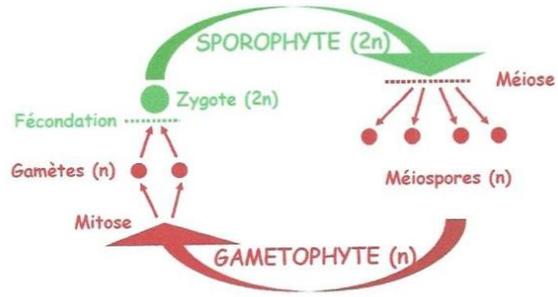
Sac embryonnaire = gamétophyte femelle

Endoprothallie

Dispersion du gamétophyte mâle et non de la spore

Perte des archégonies et des anthéridies

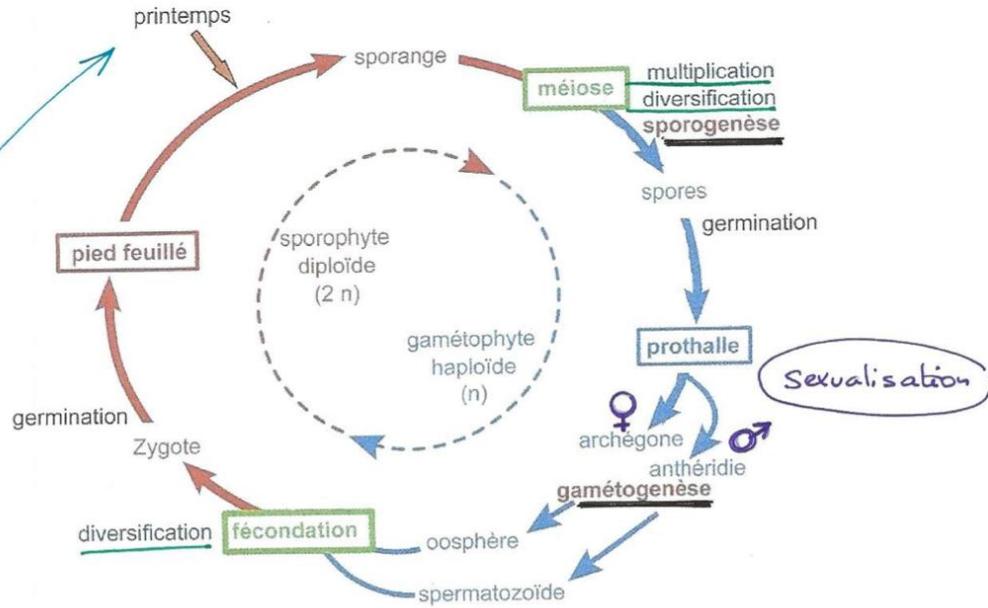
Fig 5 : bilan des cycles de développement



sporophyte = organisme diploïde pluricellulaire produisant des spores

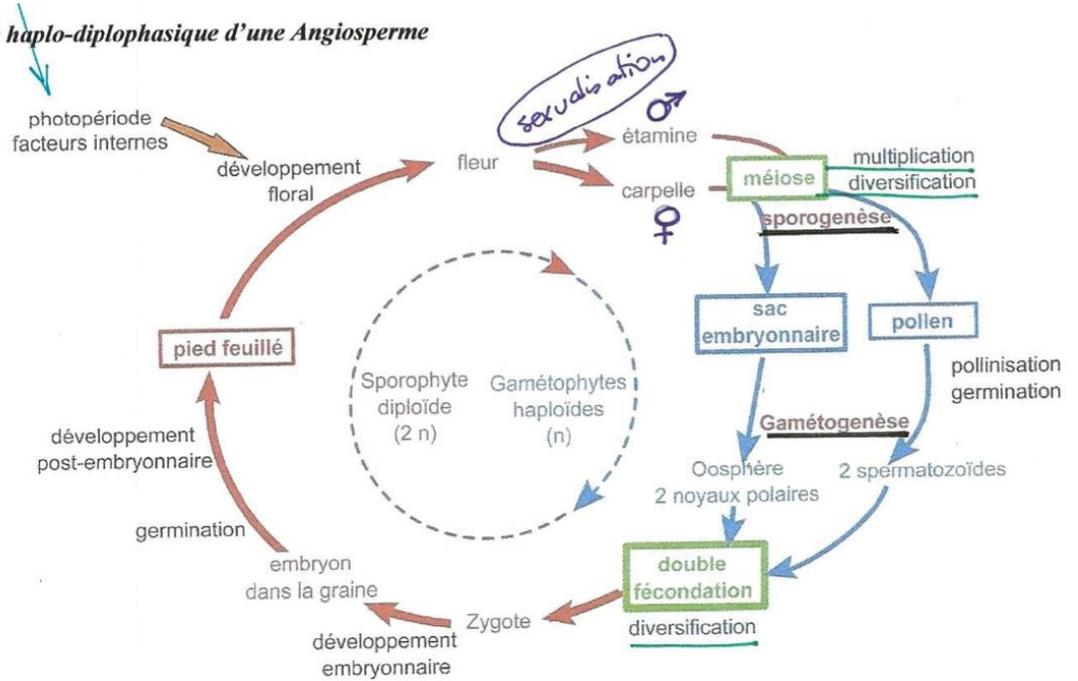
gamétophyte = organisme haploïde pluricellulaire produisant des gamètes

Fig 6 : cycle digénétique haplodiplophasique du Polypode



Contrôles par l'environnement

Fig 7 : cycle haplo-diplophasique d'une Angiosperme



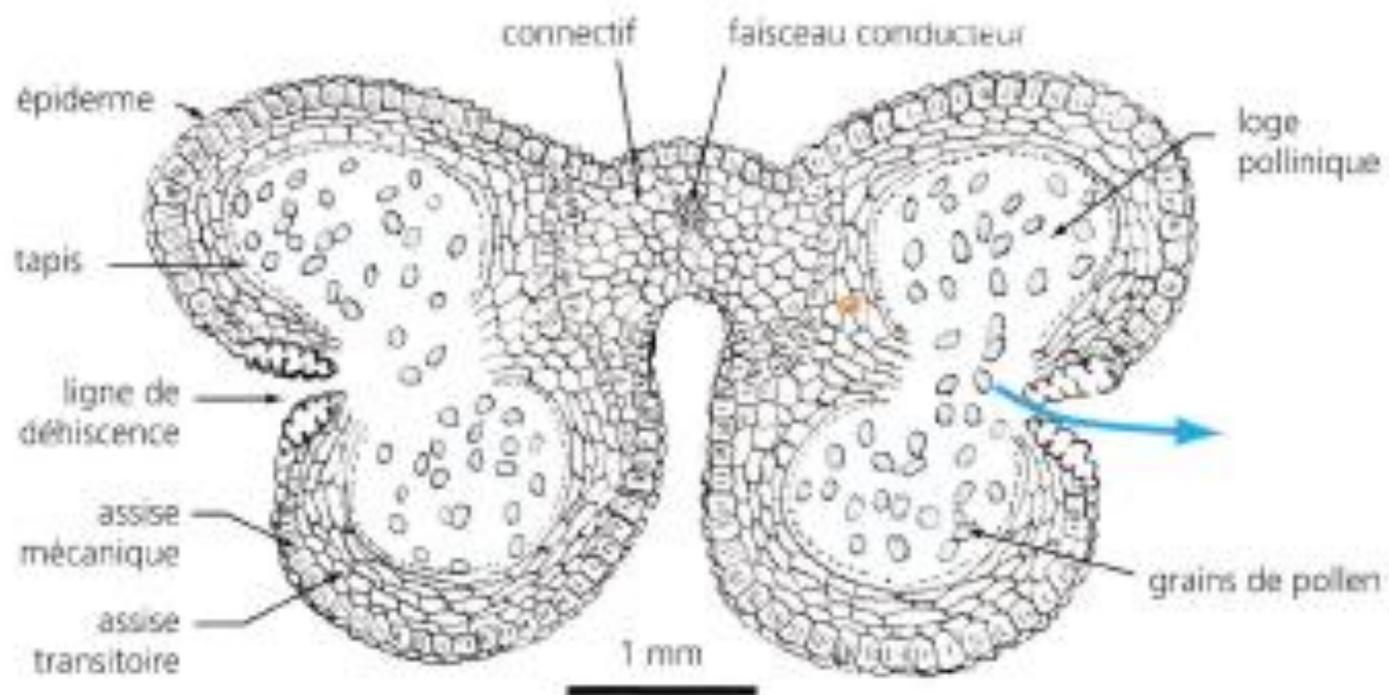
d. Pollinisation

Ouverture de l'anthere

Maturité de l'androcée

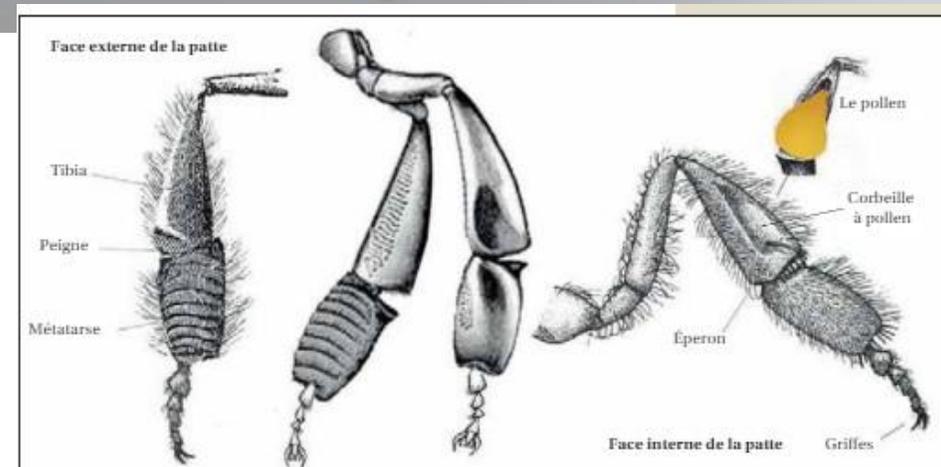
Déhiscence de l'assise mécanique

Libération par déhiscence de l'assise mécanique

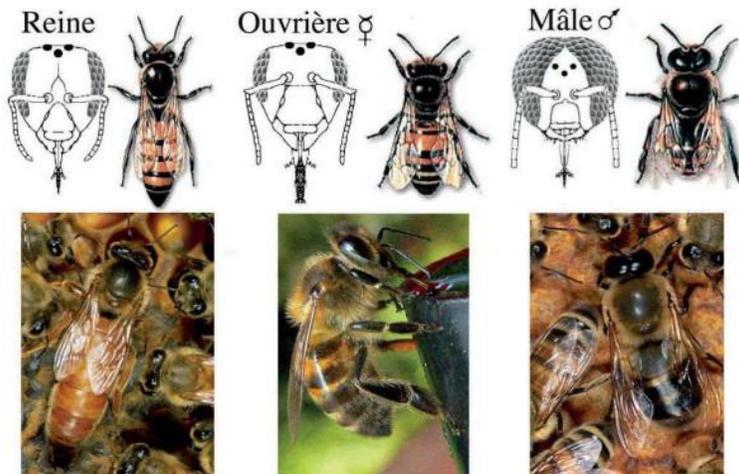
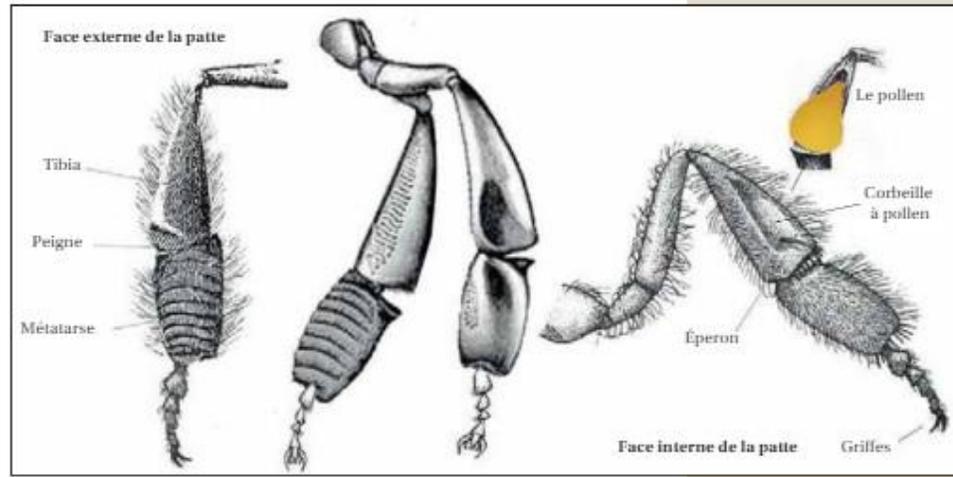


La pollinisation par les insectes (= pollinisation entomophile) un type de zoogamie.

Importance des insectes



Adaptations des insectes

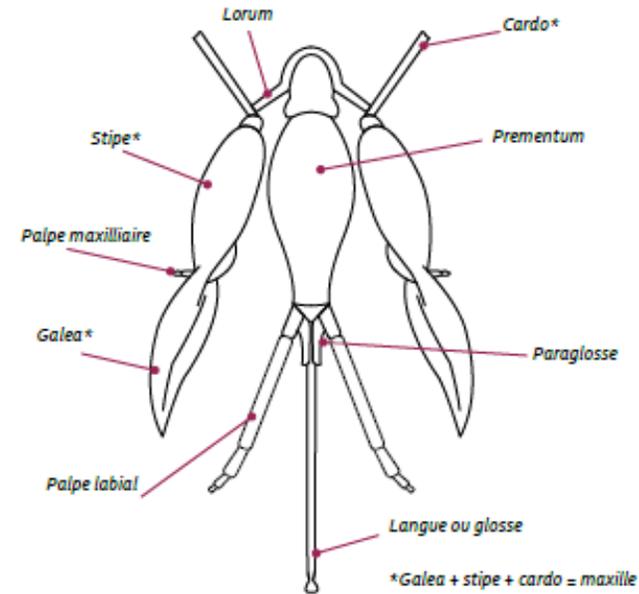


Au niveau des pièces buccales

- Type broyeur lècheur

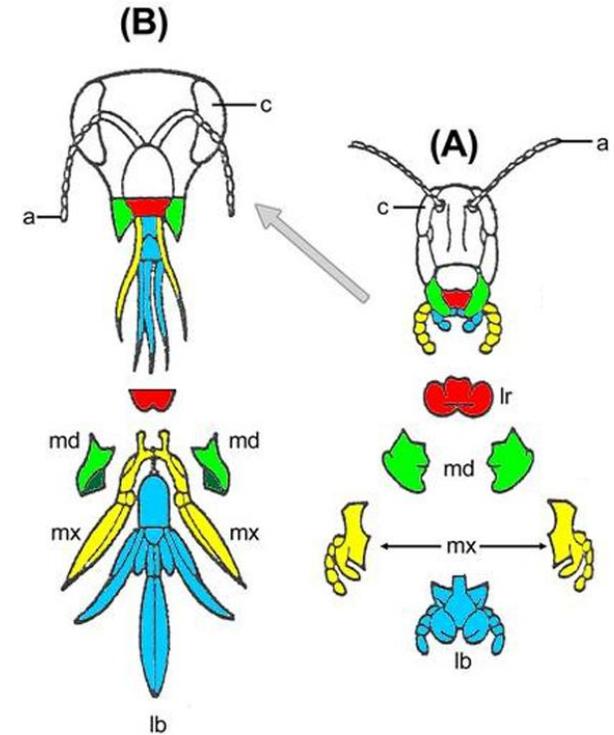
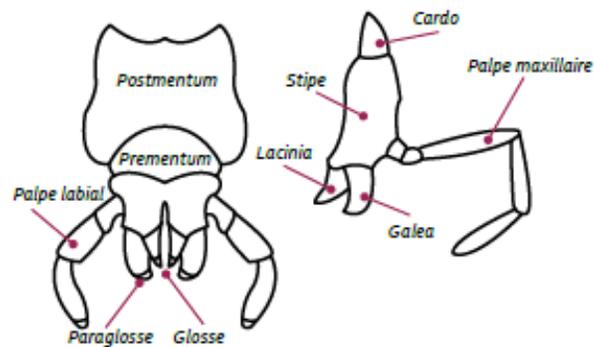


Maxillaire et labium (face postérieure)



Labium

Maxillaire





Adaptation des fleurs

Quelles sont les caractéristiques des fleurs à pollinisation entomophile ?



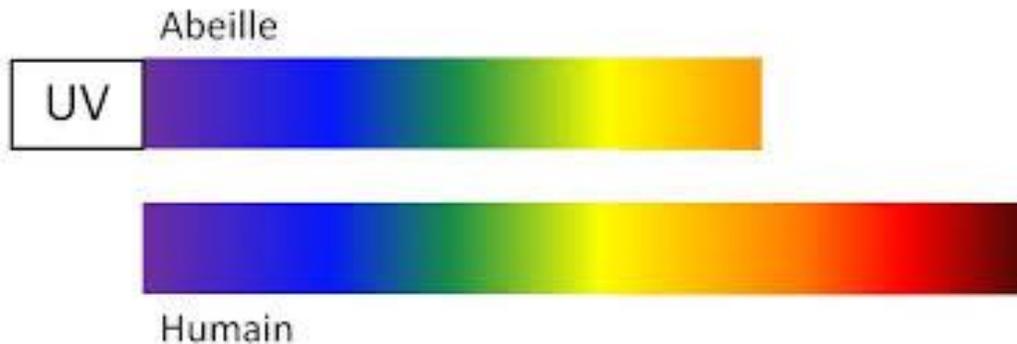
Caractéristiques des fleurs

Signaux attractifs : olfactif ,
visuel, tactile

Nectaires produisant du nectar

Pollen très collant / qui
s'accroche

Vision insectes : différentes des
mammifères : vision dans les UV



Primrose flower in natural light (left) and UV-light (right)



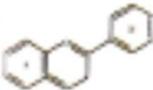
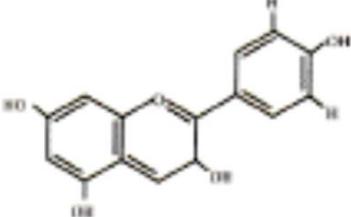
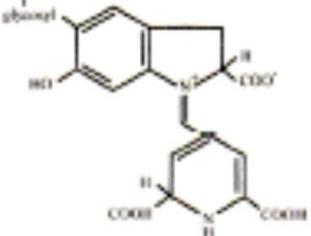
Dandelion flower in natural light (left) and UV-light (right)





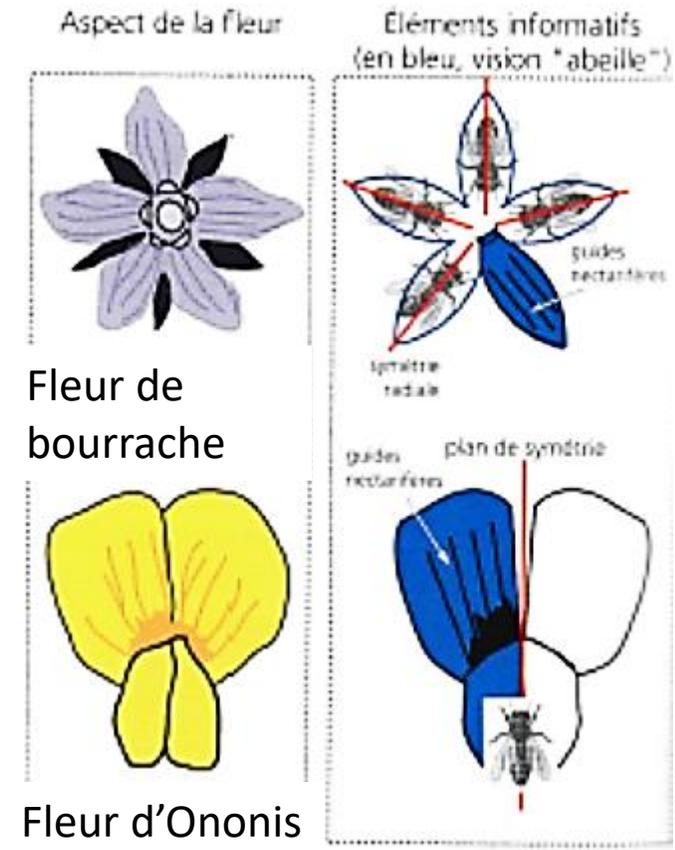
- Craig P. Burrows

Diversité des couleurs : diversité de pigments

Type de molécules	Pigments	Couleurs	Localisation	Solubilité	Exemples
Terpénoïdes	Caroténoïdes 	Jaune, orange	Plastes	Dans les lipides	Violaxanthine (violette) 
Flavonoïdes Squelette de base : flavane 	Anthocyanes 	Bleu, pourpre, rouge, rose	Vacuoles	Dans l'eau	Pélagonidine (Pelargonium) 
Alcaloïdes	Bétaïnes 	Pourpre, jaune			Amaranthine (amarante) glucosyl glucosyl 

Symétrie de la fleur et vision de l'insecte

La zygomorphie semble présenter
un avantage sélectif pour la
pollinisation entomophile



Exercice : signification changement couleur ?

- Fleur non fécondée et fleur fécondée de couleur différente



Nectaire et production de nectar

Nectaire = glande sécrétrice de nectar

Nectar = liquide sucrée : glucose, fructose, saccharose

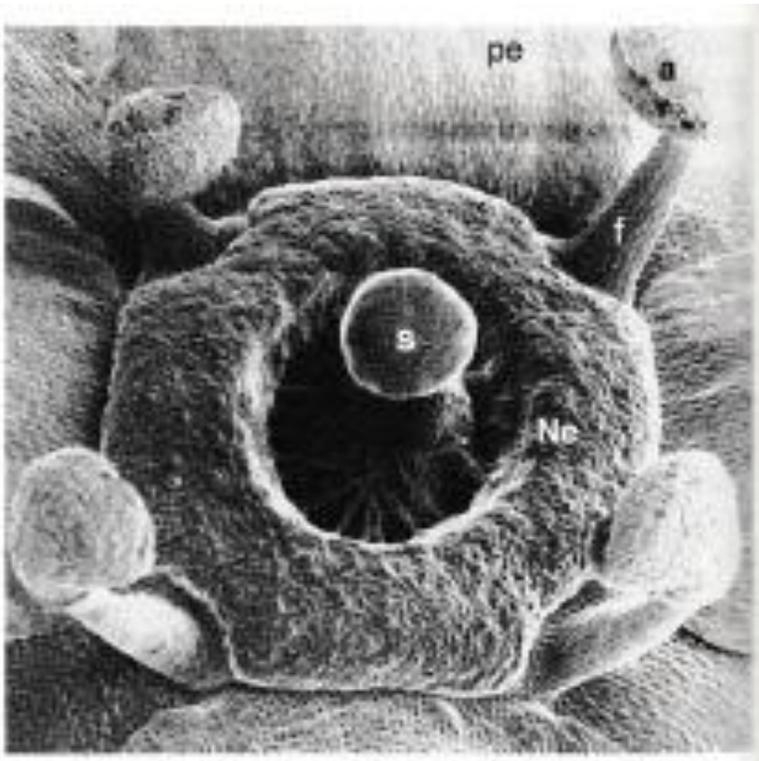


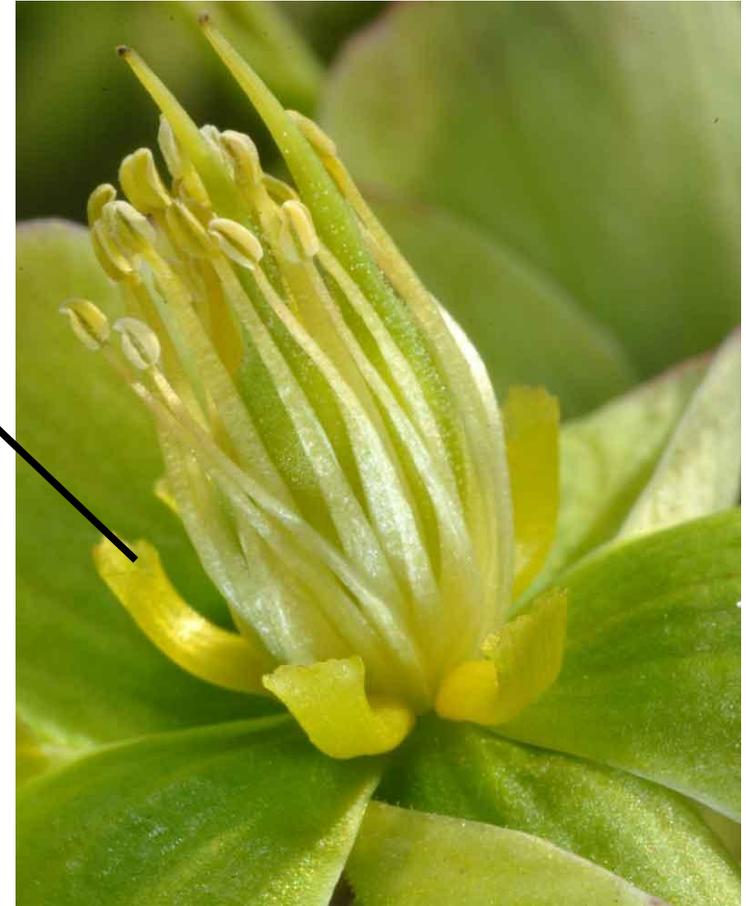
Tableau V-3 : Composition des sucres du nectar chez quelques espèces de Rosacées et de Légumineuses.

Espèces	fructose*	glucose*	saccharose*
<i>Rosacées</i>			
Poirier	42	54	4
Cerisier	23	21	56
Prunier	35	34	31
<i>Légumineuses</i>			
Robinier faux acacia	34	10	56
Trèfle rampant	13	16	71

Les pourcentages respectifs des trois sucres dans le nectar permettent d'expliquer la fidélité d'un pollinisateur à la plante pollinisée.

(Simplifié d'après FAHN, 1979. In « *Secretory Tissues in Plants* », Academic Press, p. 104).

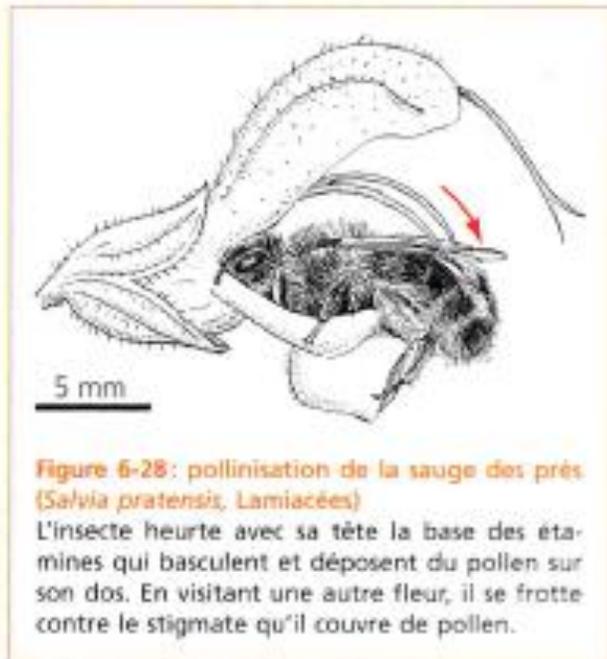
Pétales réduits à de petits cornets nectarifères

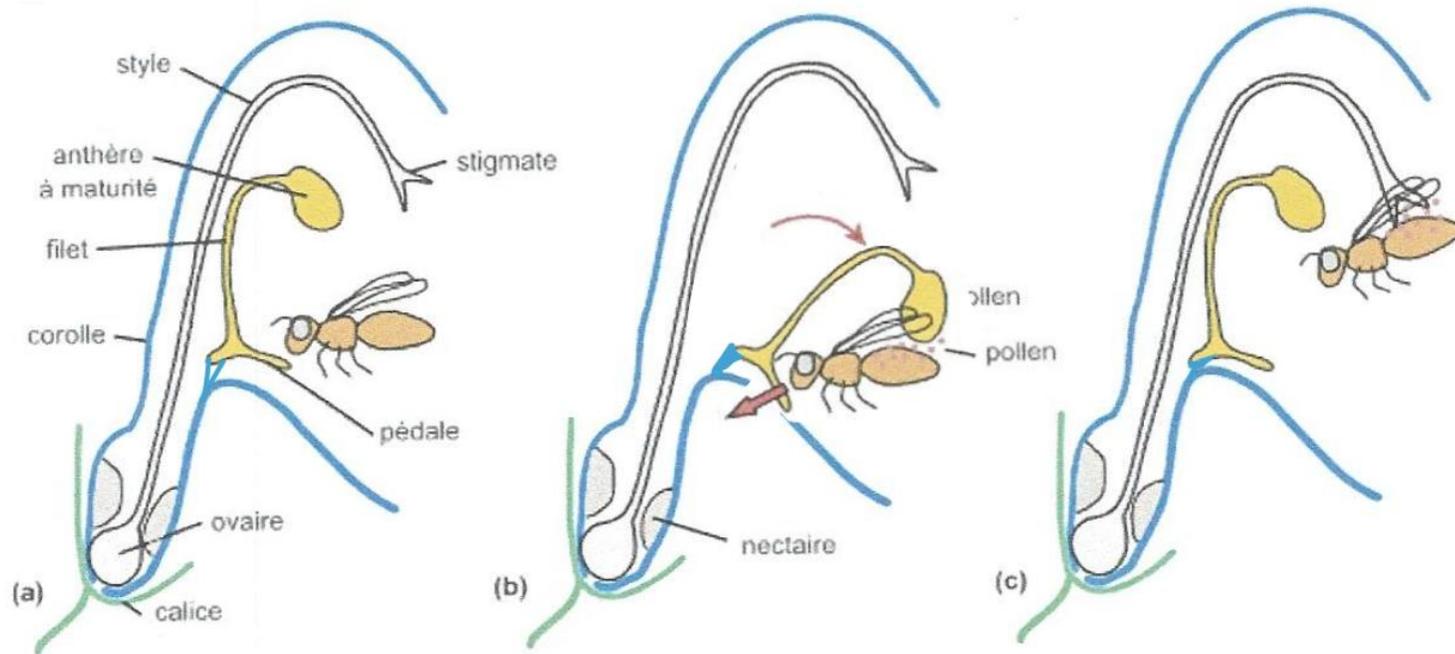


Fleur d'hellébore

Un exemple célèbre : la pollinisation de la sauge (Lamiacées)

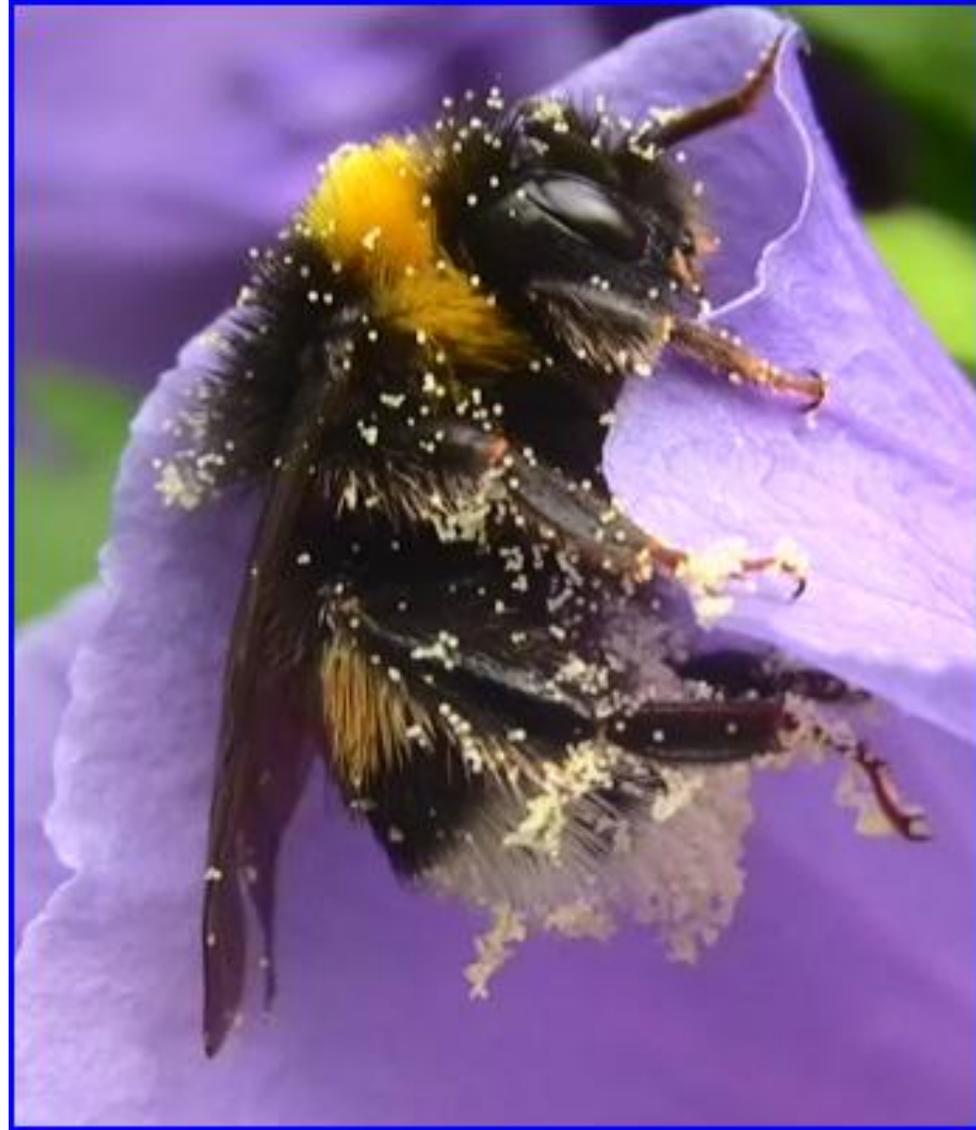
Demi-anthère transformée en pédale faisant basculer l'autre demi-anthère





Sauge

(a) un insecte butineur arrive dans la corolle de la sauge pour rechercher le nectar situé à la base des pétales. La fleur est à maturité mâle ; (b) en s'enfonçant dans la corolle, l'insecte appuie sur une «pédale» qui fait basculer l'anthère sur son dos : son thorax et son abdomen sont alors couverts de pollen ; (c) en visitant une fleur à maturité femelle (dont le style est moins turgescent), le dos de l'insecte effleure le stigmate et y dépose incidemment le pollen



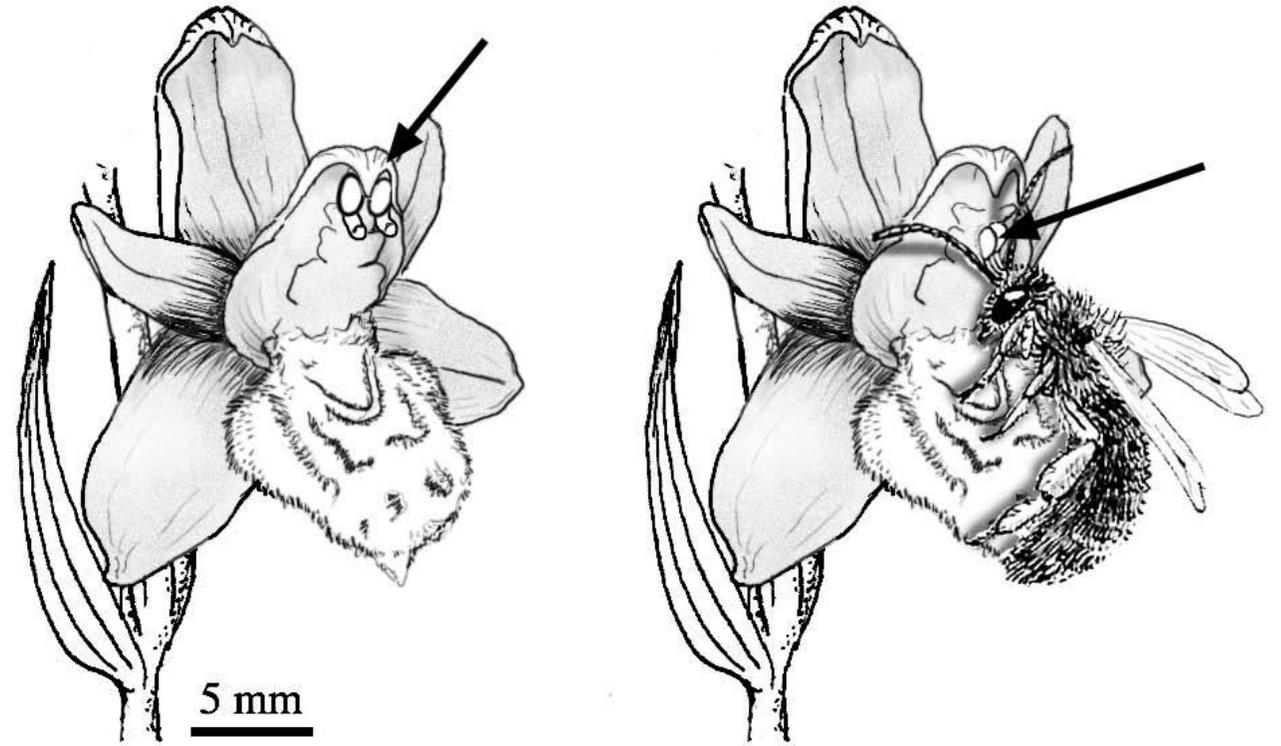
L'attraction n'est pas toujours liée au nectar

Ophrys : attraction des insectes mâles liée à des molécules mimant les phéromones sexuelles femelles

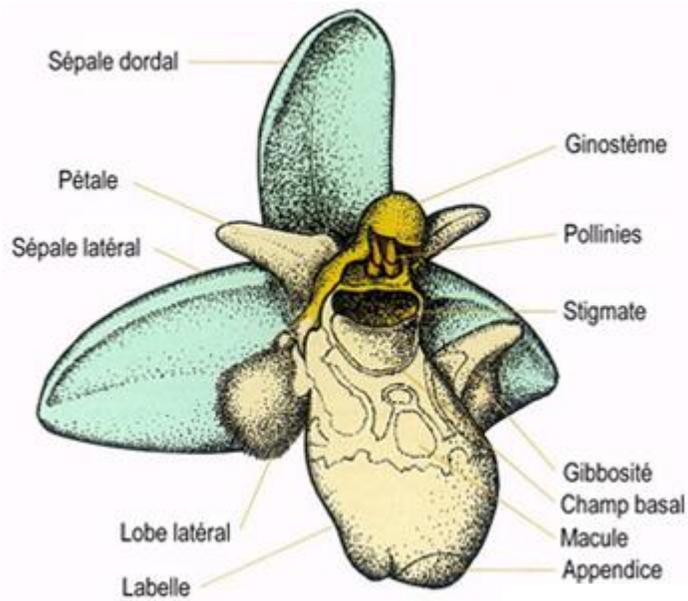




Ophrys

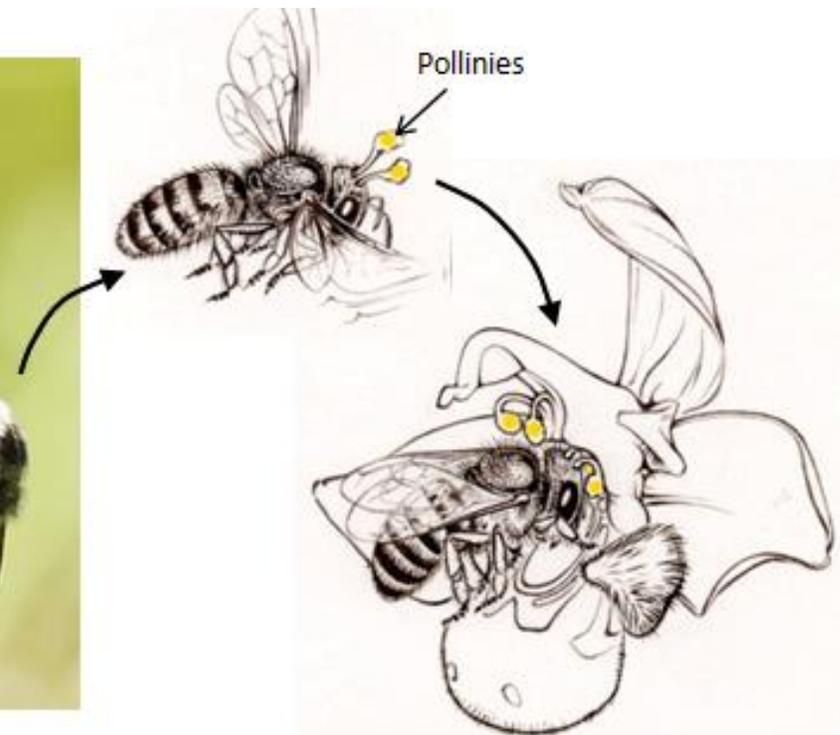


Leurre visuel et olfactif (la fleur produit les phéromones sexuelles femelles de l'insecte)
Pseudocopulation



Ex. 2 : Mimétisme sexuel chez l'Ophrys abeille

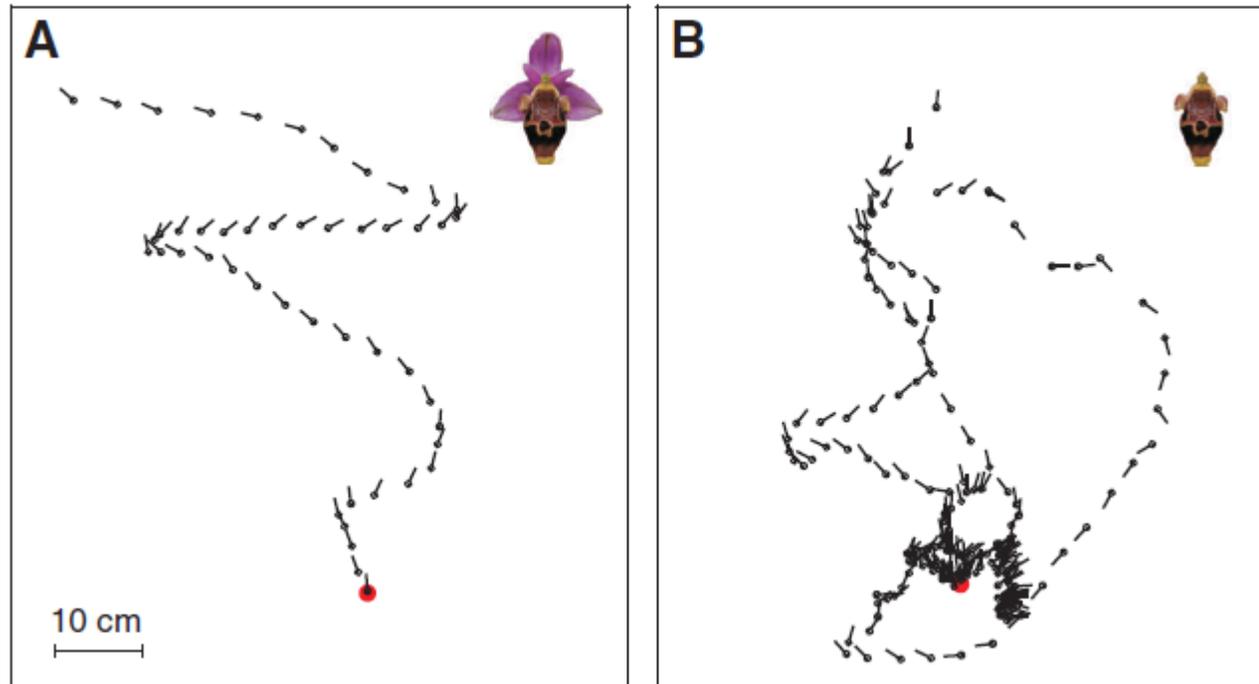
Le labelle (pétale modifié) mime l'abdomen d'une abeille => comportement de pseudo-copulation au cours duquel l'abeille se charge en pollen qu'elle transporte vers une autre fleur.

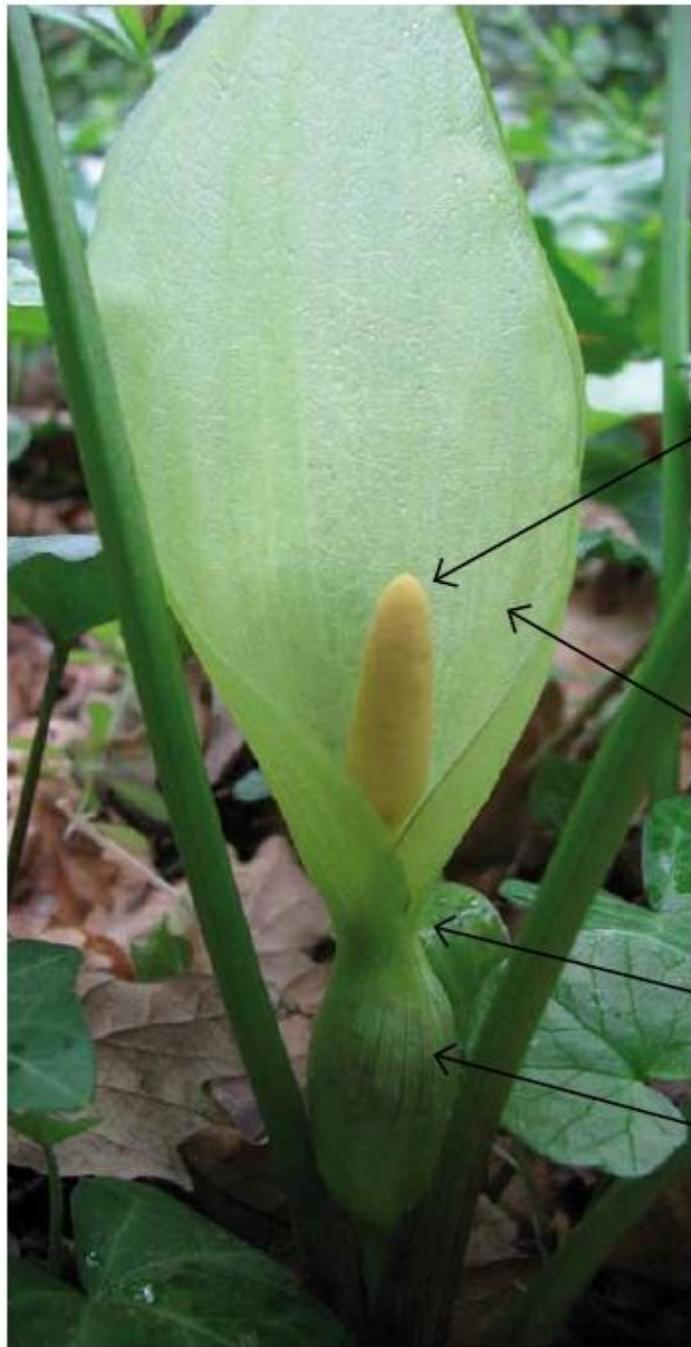


Exercice : un exemple d'expérimentation d'attraction florale

Expérience : pollinisation d'une ophrys par un insecte

A : fleur non modifiée, B : même fleur (produisant les mêmes phéromones) mais dont le périanthe est partiellement coupé.





SPADICE
(= inflorescence)

Appendice

Fleurs stériles

Fleurs mâles

Fleurs femelles

SPATHE

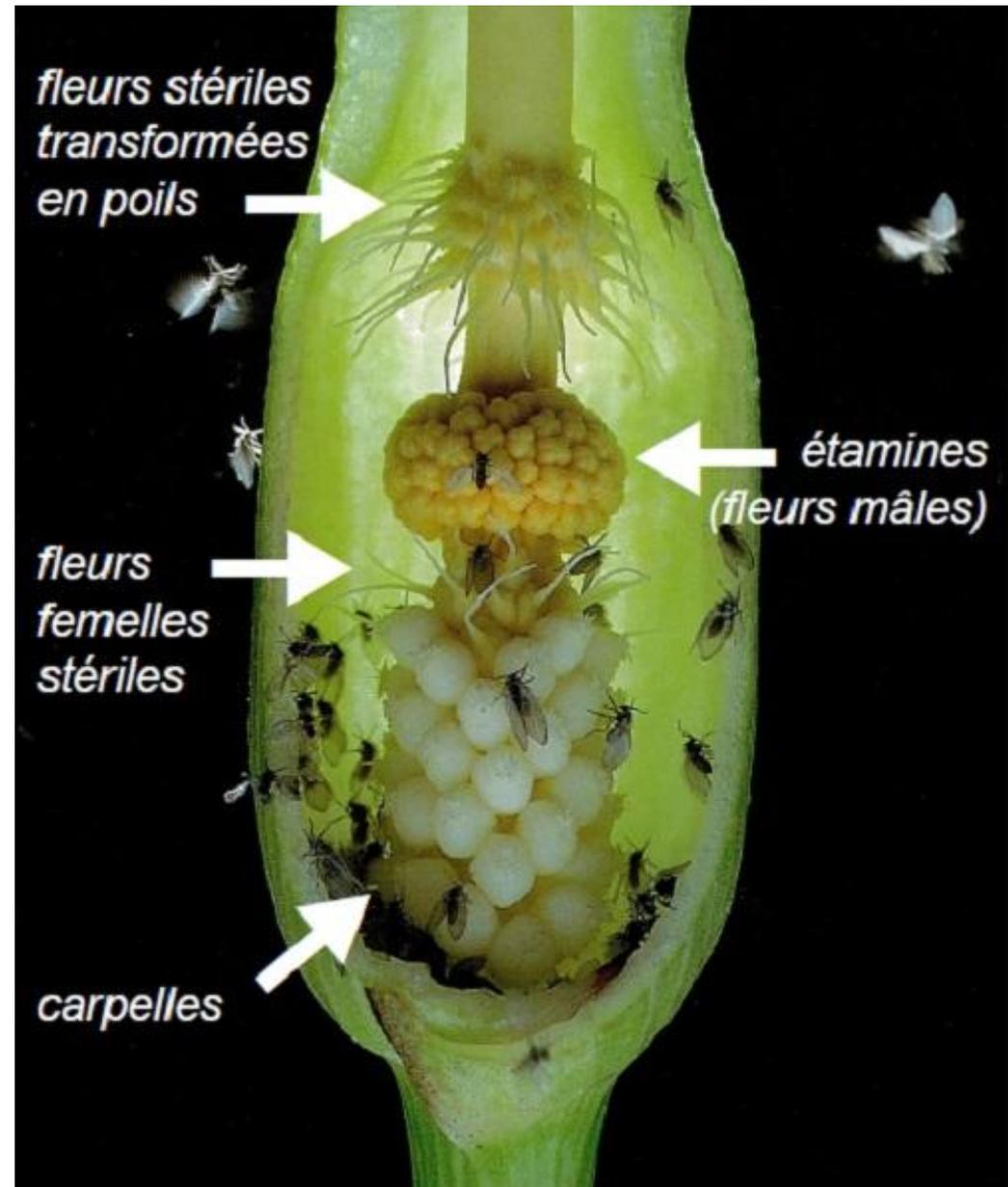
Constriction

Chambre florale



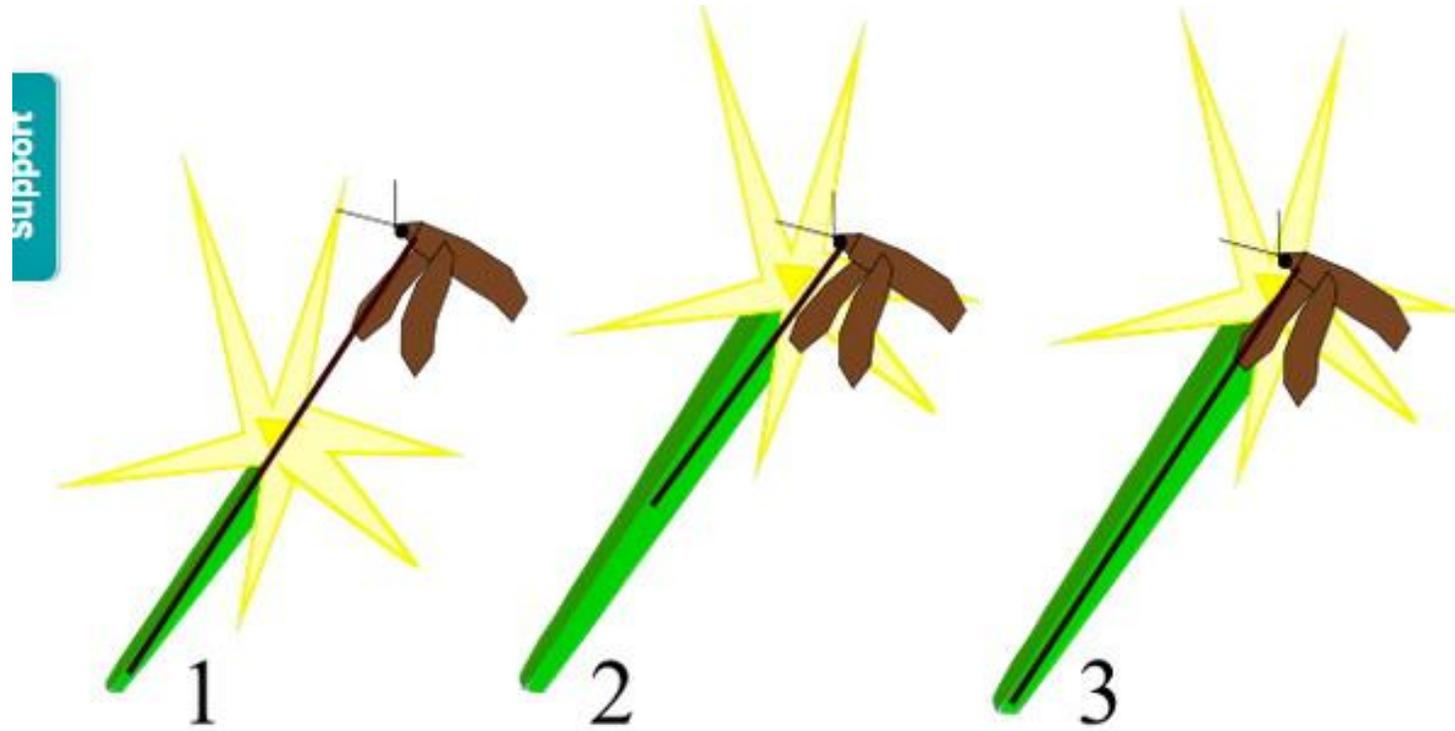
Spadice émet chaleur et odeur. L'insecte pénètre et pollinise les fleurs femelles puis est piégé par les fleurs stériles.

Ne peut en ressortir que plus tard, lorsque les fleurs mâles sont matures, ont libéré leur pollen et les fleurs stériles sont ont flétri.



Relation plante insecte : une relation mutualiste

Notion de coévolution



1: This nectar tube is so short that the moth does not pick up pollen from the flower. These flowers die out. 2: The tongue of this moth is too short to feed on nectar at the bottom of the tube. These moths die out. 3: Only those moths with tongues long enough to reach nectar and those orchids with tubes long enough to ensure pollination survive.

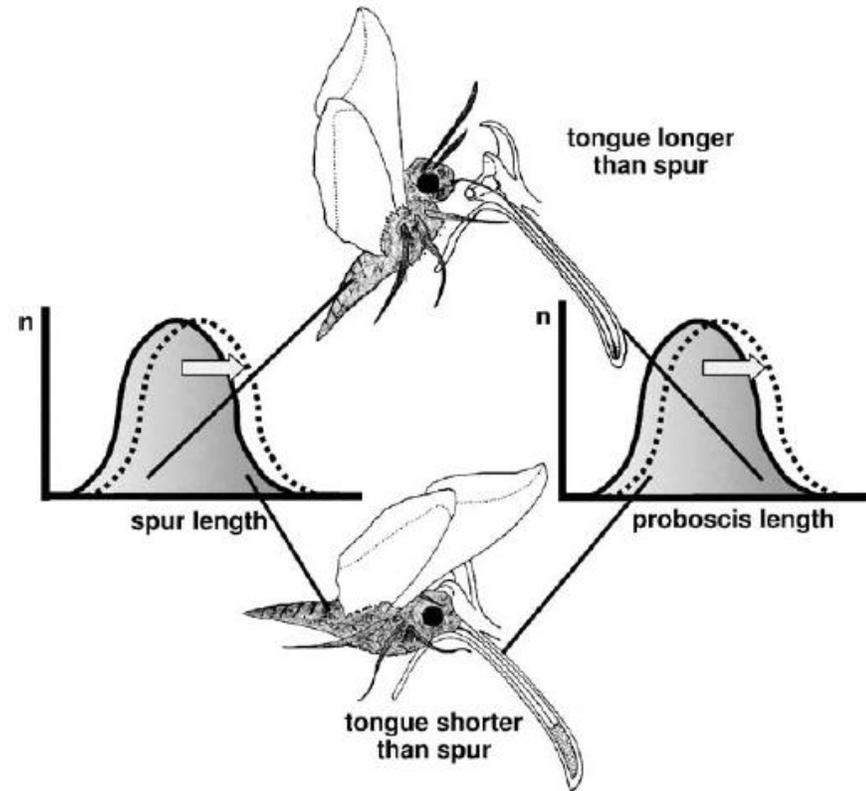
Modèle de Darwin : coévolution plante insecte

sélection directionnelle. lien SV-K-1

Spur = épron

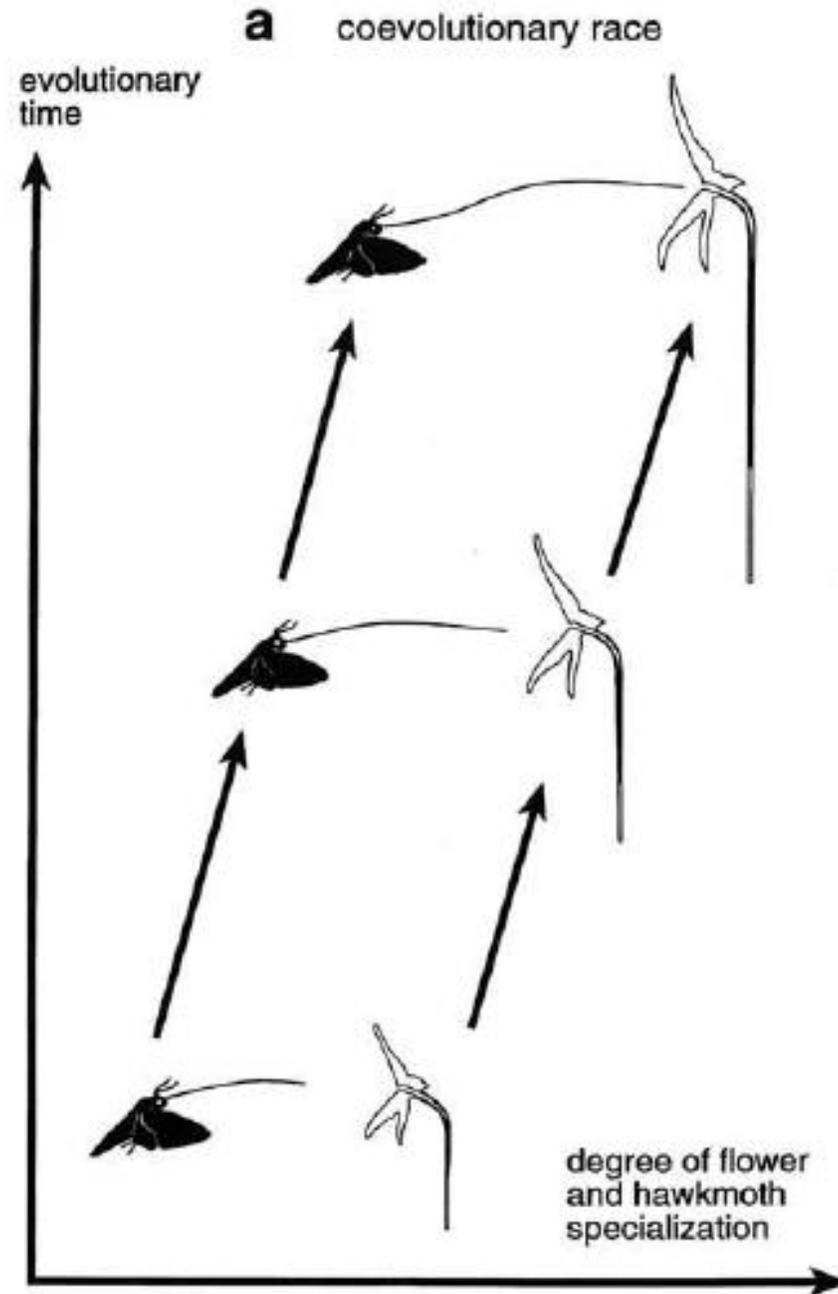
Tongue = langue

Proboscis = appareil
buccal



Coévolution

Les exemples précédents (sauge, ophrys et arum) sont des exemples de coévolution. Idem ci-contre avec l'évolution de la taille de la trompe du pollinisateur et de la longueur du tube renfermant le nectar.

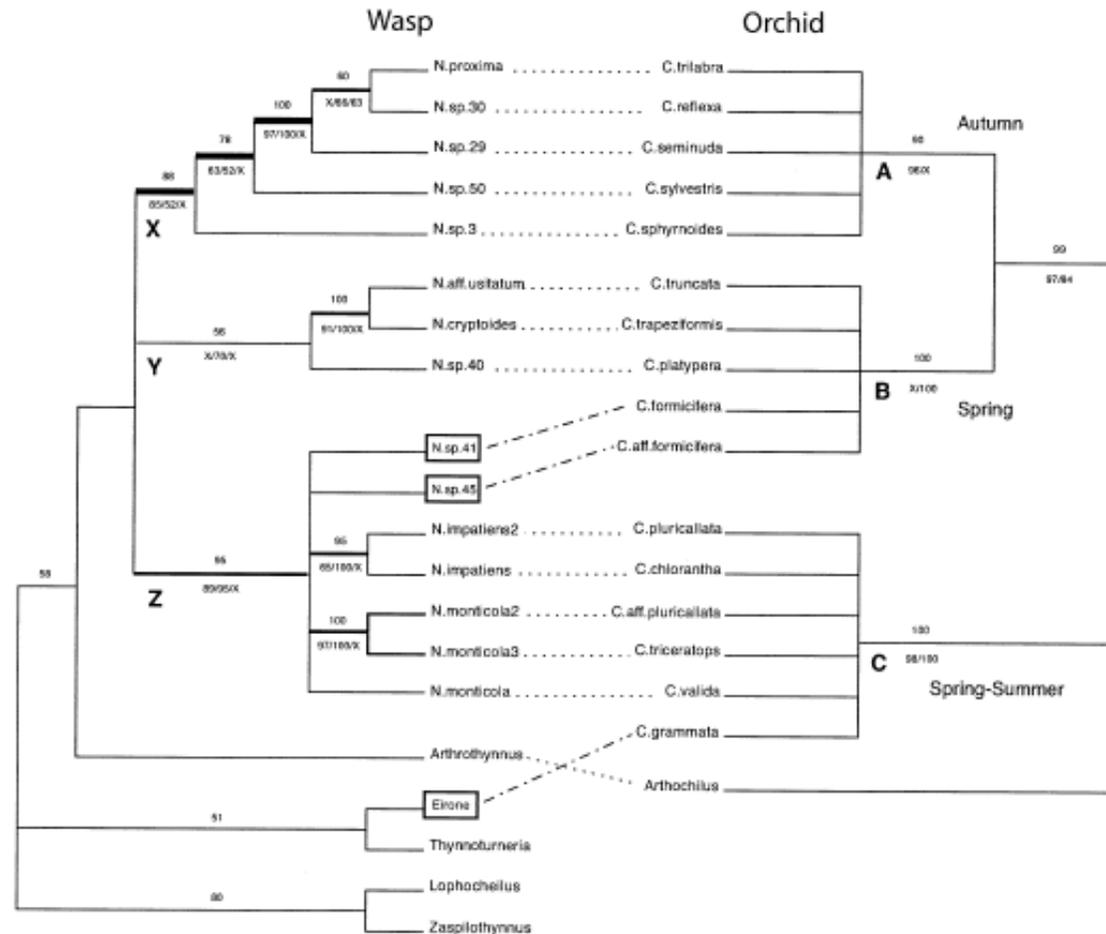


Lien SV-K 2: coévolution et cospéciation

Lien SV-K-2 :
phylogénie
en miroir

802

JIM G. MANT ET AL.



Transport du pollen par les animaux = zoogamie



Chéiroptérogamie

Transport du pollen par les animaux = zoogamie

Tarsipes rostratus, un minuscule marsupial d'une dizaine de grammes qui se nourrit exclusivement de nectar et de pollen des *Banksia*. Des études ont montré que l'opossum à miel est même étroitement dépendant de ces protéacées : la densité de ses populations fluctue avec l'intensité de la floraison des *Banksia*.





Ce loup d'Abyssinie, une espèce très rare de canidé, lèche l'inflorescence d'un tison de Satan, sur les hauts plateaux alpins du massif du Balé, en Éthiopie. Ce faisant, son museau se couvre de grains de pollen (cliché A. Lesaffre/S. Lai *et al.*, 2024 – Ecology/CC).

Pollinisation thérophile (transport du pollen par les mammifères)



Pollinisation ornithophile transport
du pollen par les oiseaux

Transport du pollen par l'eau = hydrogamie



Vallisneria americana sexual reproductive organs a) female (pistillate) flower reaching the water surface for pollination, b) male (staminate) flower capsule.

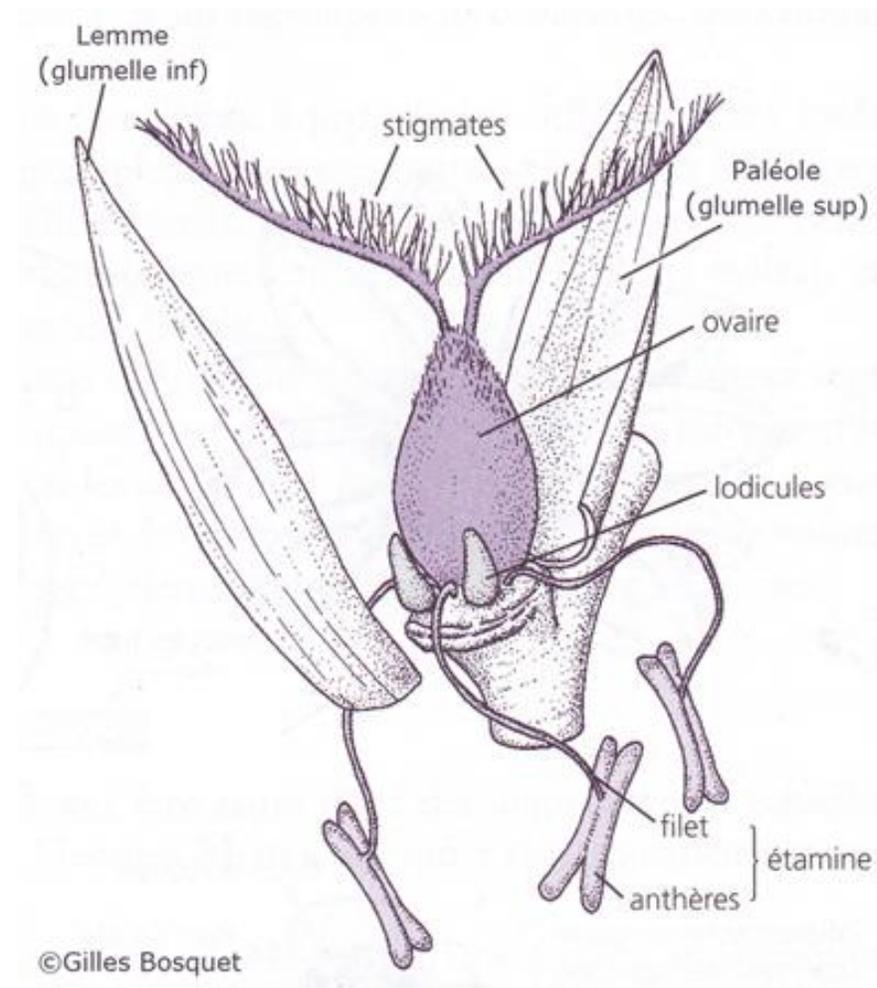
Pollinisation anémophile = anémogamie

Adaptation de la fleur à la pollinisation anémophile



Exemple : fleur de Poacées

Fleur de
Poacées :
(*Melica*)



Riz (*Oryza sativa*, Poacées).



Anémogamie : type dérivé chez les angiospermes

Bilan :

Réduction des pièces stériles

Etamines pendantes (exposées au vent)

Stigmates plumeux (augmente la surface de capture)

Pollen de petite taille peu ornementé à lisse et très abondant

Adaptation au manque de pollinisateurs

Arbres à chatons



Des structures florales adaptées au mode de pollinisation

	Espèce anémophile	Espèce entomophile
Péricorolle	Réduit voire absent	Coloré, odorant, présentant des nectaires
Pollen	Abondant, petit et lisse 10-20 μ m	Gros et collant et /ou rugueux 50-200 μ m
Réserves du pollen	Amidon le plus souvent	Lipides le plus souvent
Stigmate	À vaste surface filtrante	Large et collant
Étamines	Lâches, pendantes	Dressées



Grain de pollen (vu au MEB)

5 Fleur et pollen de poacée (graminée). Le calice et la corolle sont réduits. À maturité, les anthères des fleurs anémogames peuvent produire des quantités considérables de pollen. Ainsi, un épi de seigle libère jusqu'à un million de grains de pollen par jour. Le pollen des plantes anémogames est souvent lisse et de faible dimension (10 à 25 μ m).



4 Grains de pollen de rose trémière (vus au MEB).

Comparaison anémogamie / entomogamie

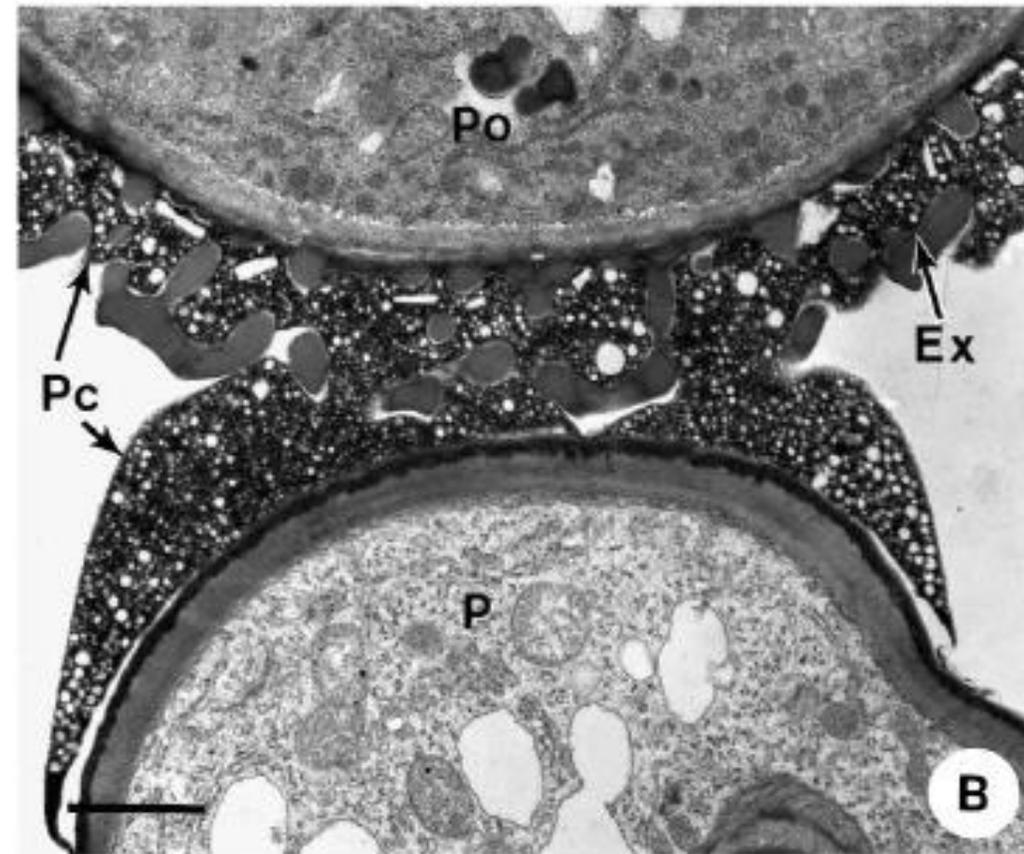
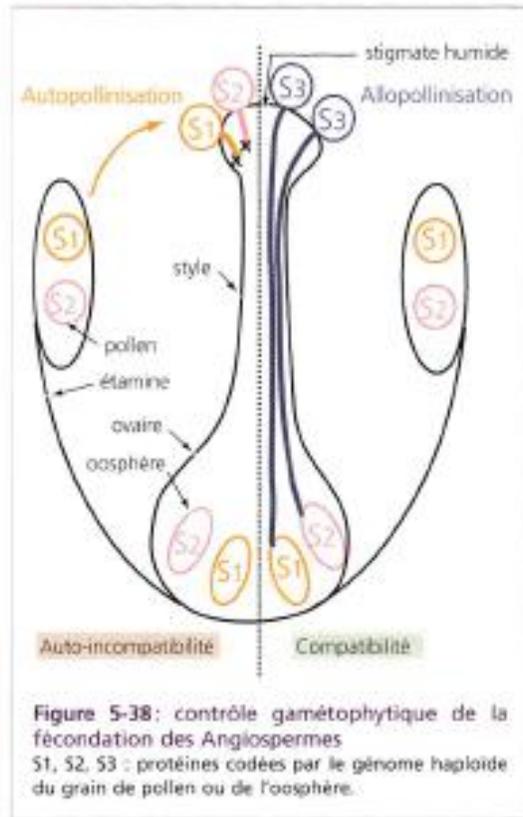
Tableau 5-2: comparaison des caractères de fleurs anémophiles et entomophiles

	Fleur anémophile	Fleur entomophile
Exemples	 <p>Poa (Poacées)</p>	 <p>Ophrys (Orchidacées)</p>
Morphologie	Fleur discrète, ternes, sans parfum, ni odeur, ni nectar. Étamines exposées au vent, stigmates plumeux	Fleur voyante petite en inflorescence ou grande et isolée, de formes très diverses. Couleurs vives, parfum, odeur, nectar (cf. chapitre 6)
Pollen	Production d'une grande quantité de petits grains de pollen lisses dispersés à grande distance	Production plus réduite de gros grains de pollen à exine très ornementée adhérent au pollinisateur. Dispersion à courte distance
Type de végétaux	Anémophile fréquente chez les plantes monoïques (arbres en particulier)	Entomophilie fréquente chez les plantes dioïques et hermaphrodites

e. Fécondation

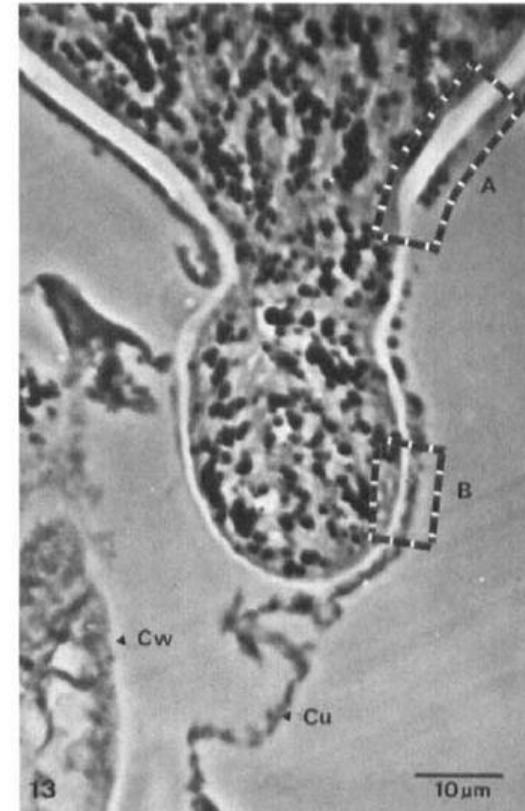
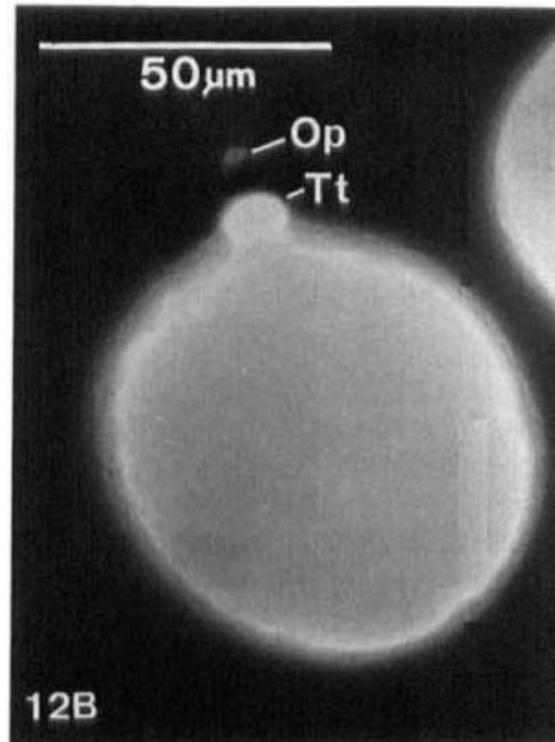
Rappel SV-F : auto-incompatibilités polliniques

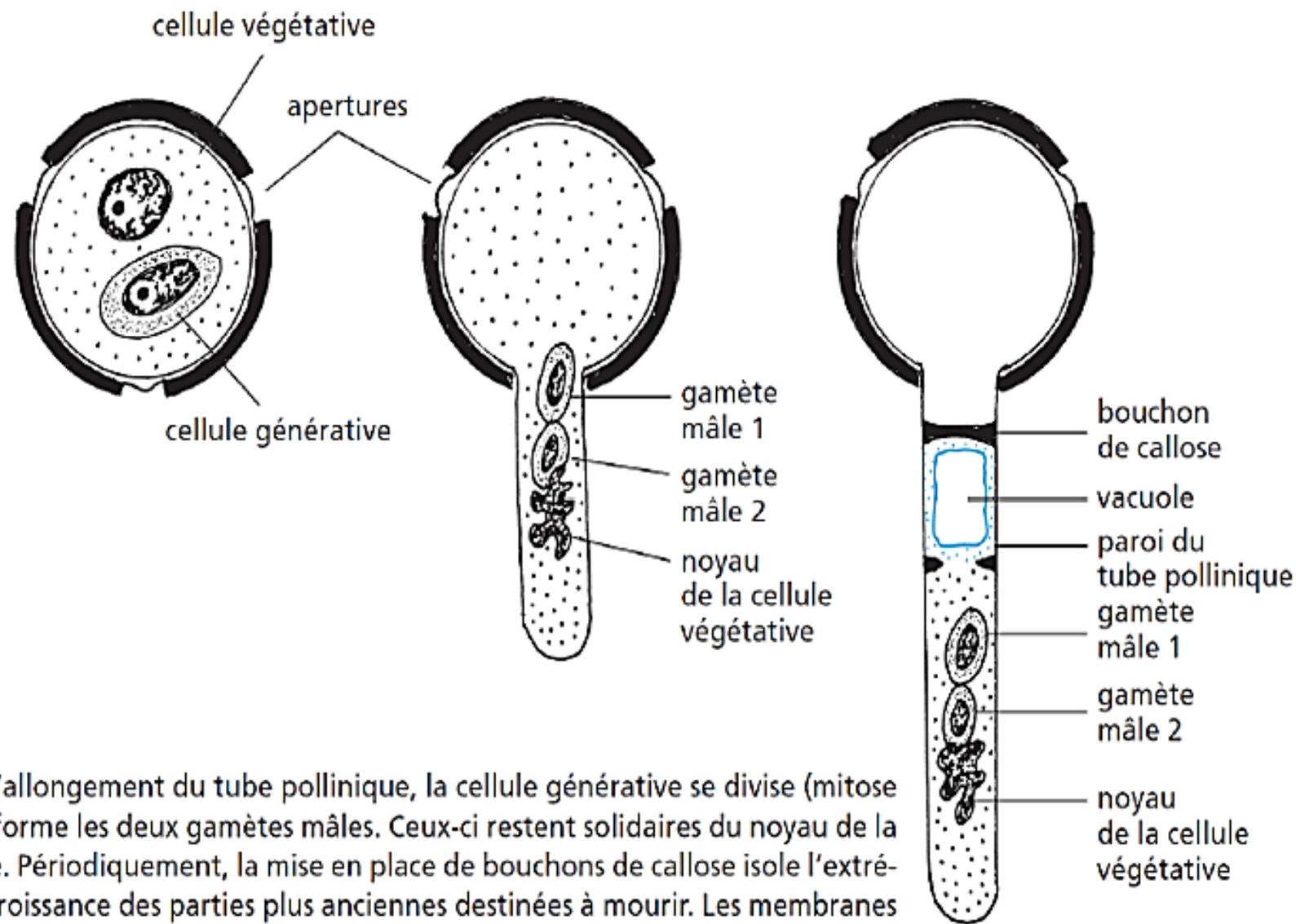
Image : interaction pollen (Po) stigmate (P), Pc : manteau pollinique



Germination du pollen sur le stigmate

Hydratation : gonflement et éclatement au niveau d'un pore (Op = opercule projeté en avant) : sortie du tube pollinique (Tt)





Dès le début de l'allongement du tube pollinique, la cellule générative se divise (mitose gamétogène) et forme les deux gamètes mâles. Ceux-ci restent solidaires du noyau de la cellule végétative. Périodiquement, la mise en place de bouchons de callose isole l'extrémité vivante en croissance des parties plus anciennes destinées à mourir. Les membranes cellulaires adossées aux parois cellulaires ne sont pas représentées.

Germination et croissance du tube pollinique

Po : pollen, Pt : tube pollinique

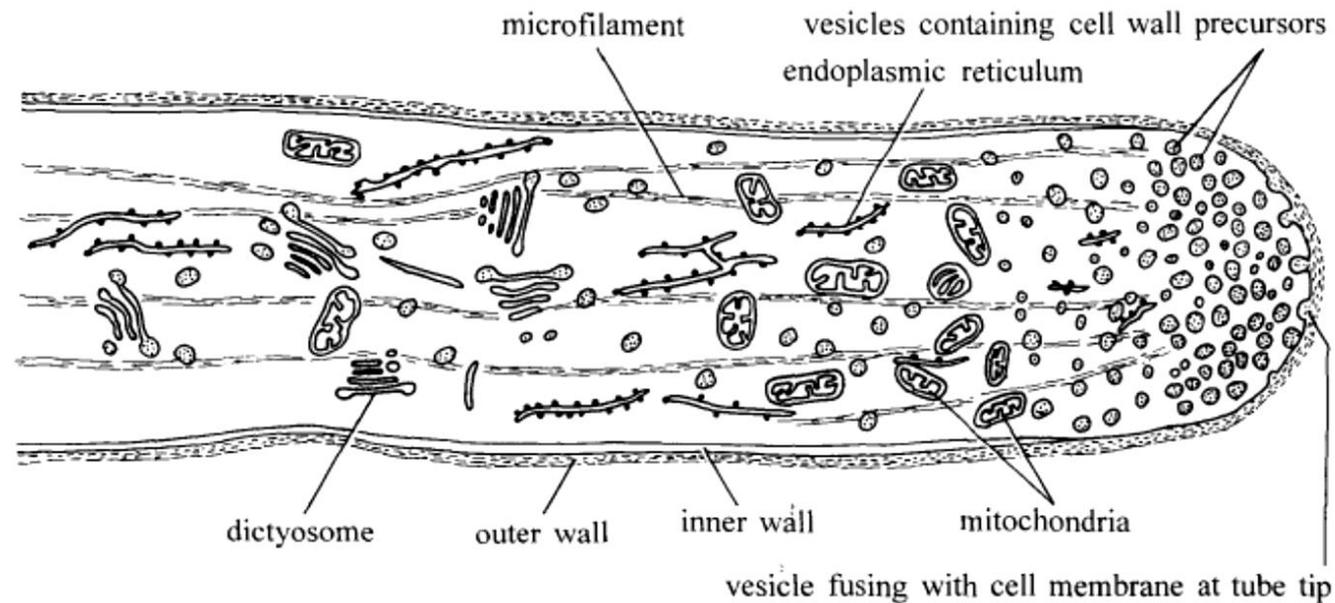
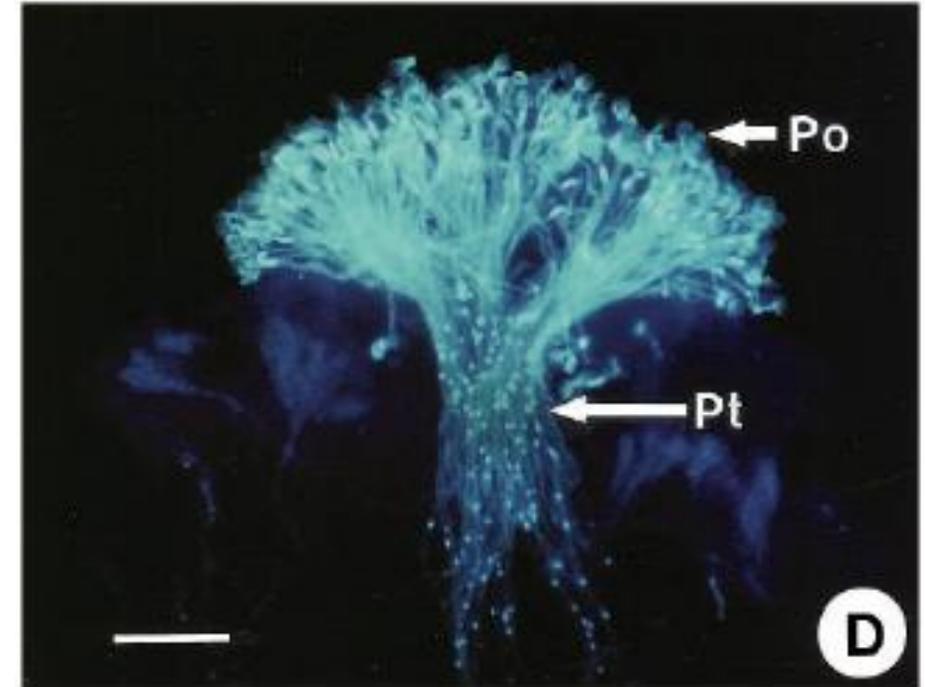


Figure 1. The Growing Region of the Pollen Tube.

A diagrammatic median longitudinal section through the tip region of a growing pollen tube shows wall structure and distribution of organelles (not drawn to scale).



Croissance grâce aux molécules fournies par le style

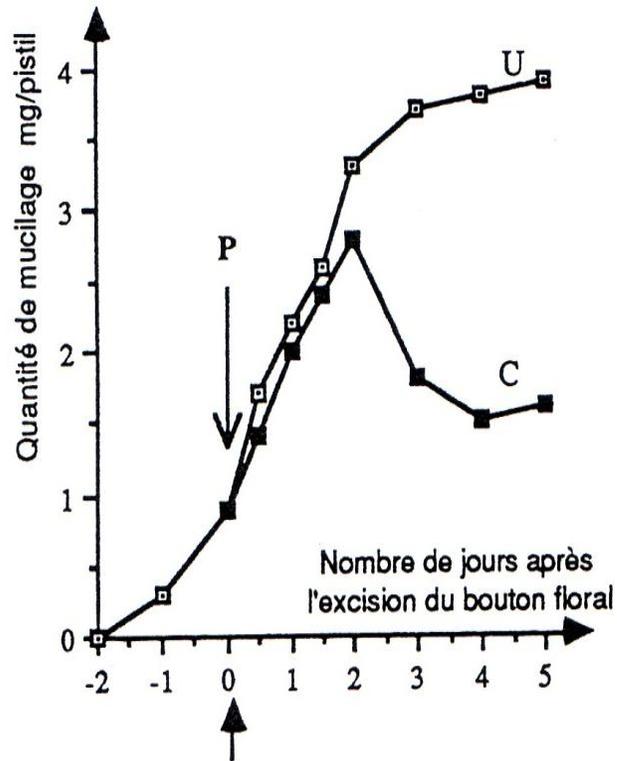


Fig. 3

Quantités de mucilage extrait exprimées en mg de sucres par pistil, en fonction du stade de maturité.

- P : jour où est effectuée la pollinisation.
- U : pistils non pollinisés.
- C : pistils pollinisés.
- 0 : jour d'ouverture de la fleur

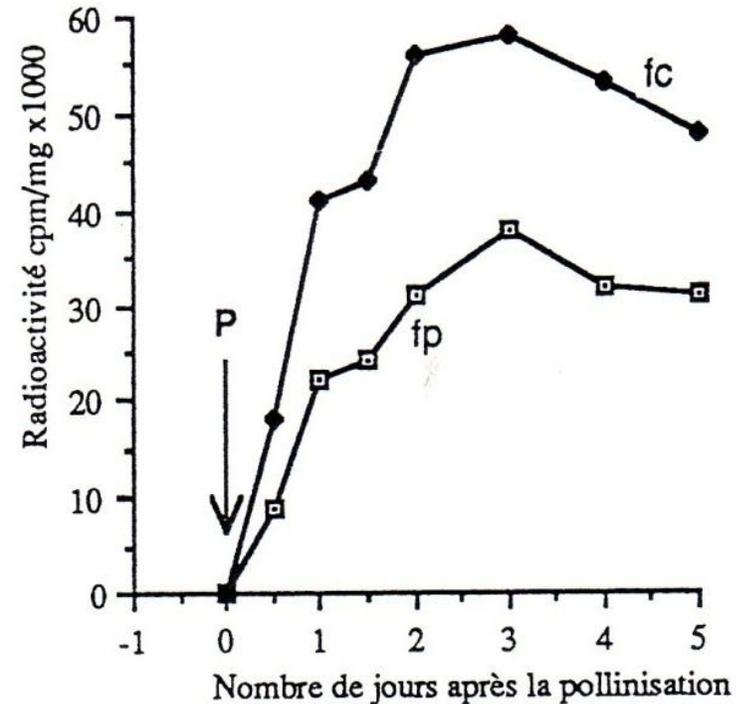


Fig. 4.

Quantités de radioactivité mesurées dans les fractions cytoplasmique et pariétale des tubes polliniques. L'incorporation de myoinositol radioactif est réalisée sur pistil excisé un jour avant pollinisation.

- P : jour où est effectuée la pollinisation.
- fc : fraction cellulaire.
- fp : fraction pariétale.

Croissance grâce aux molécules fournies par le style

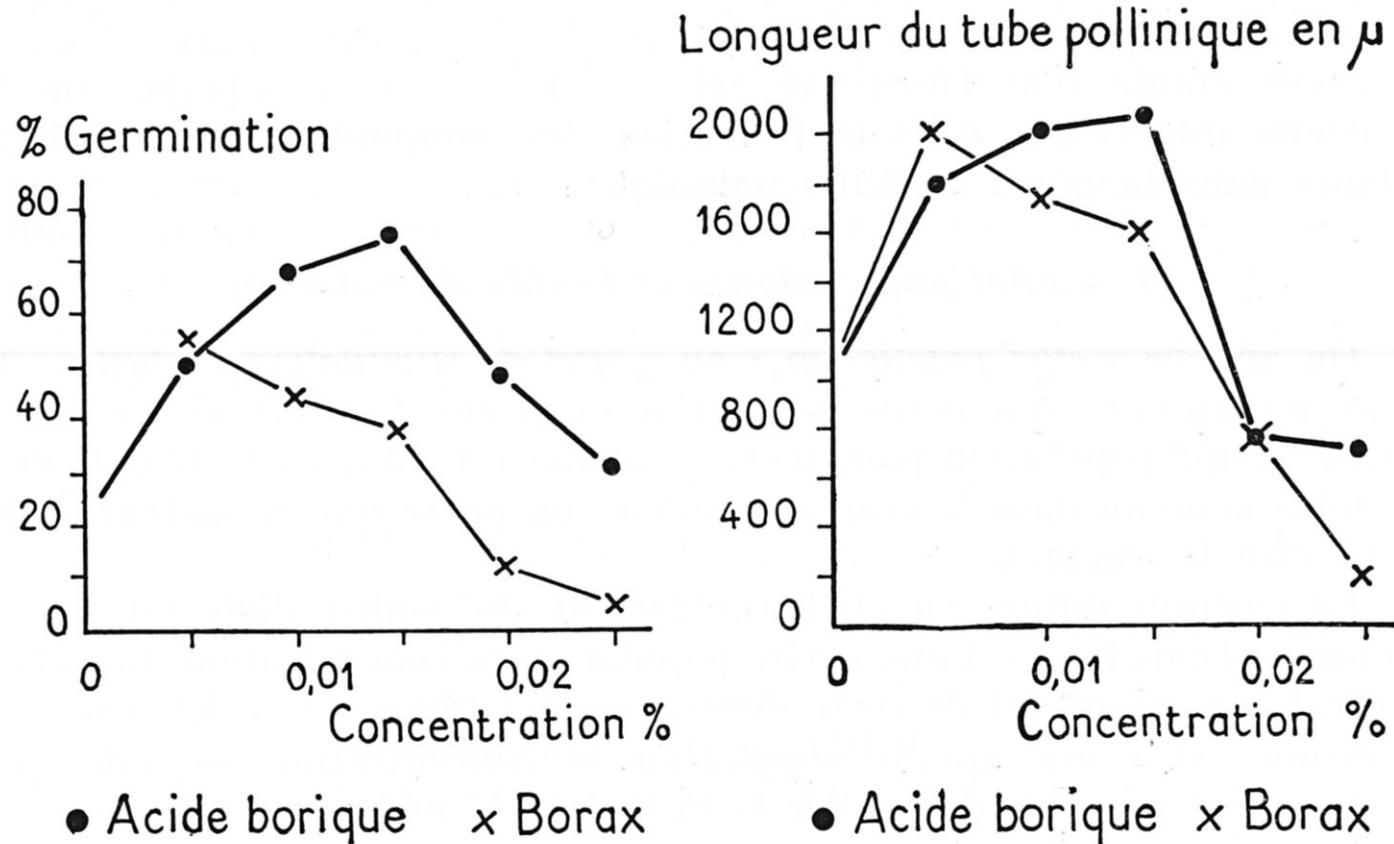
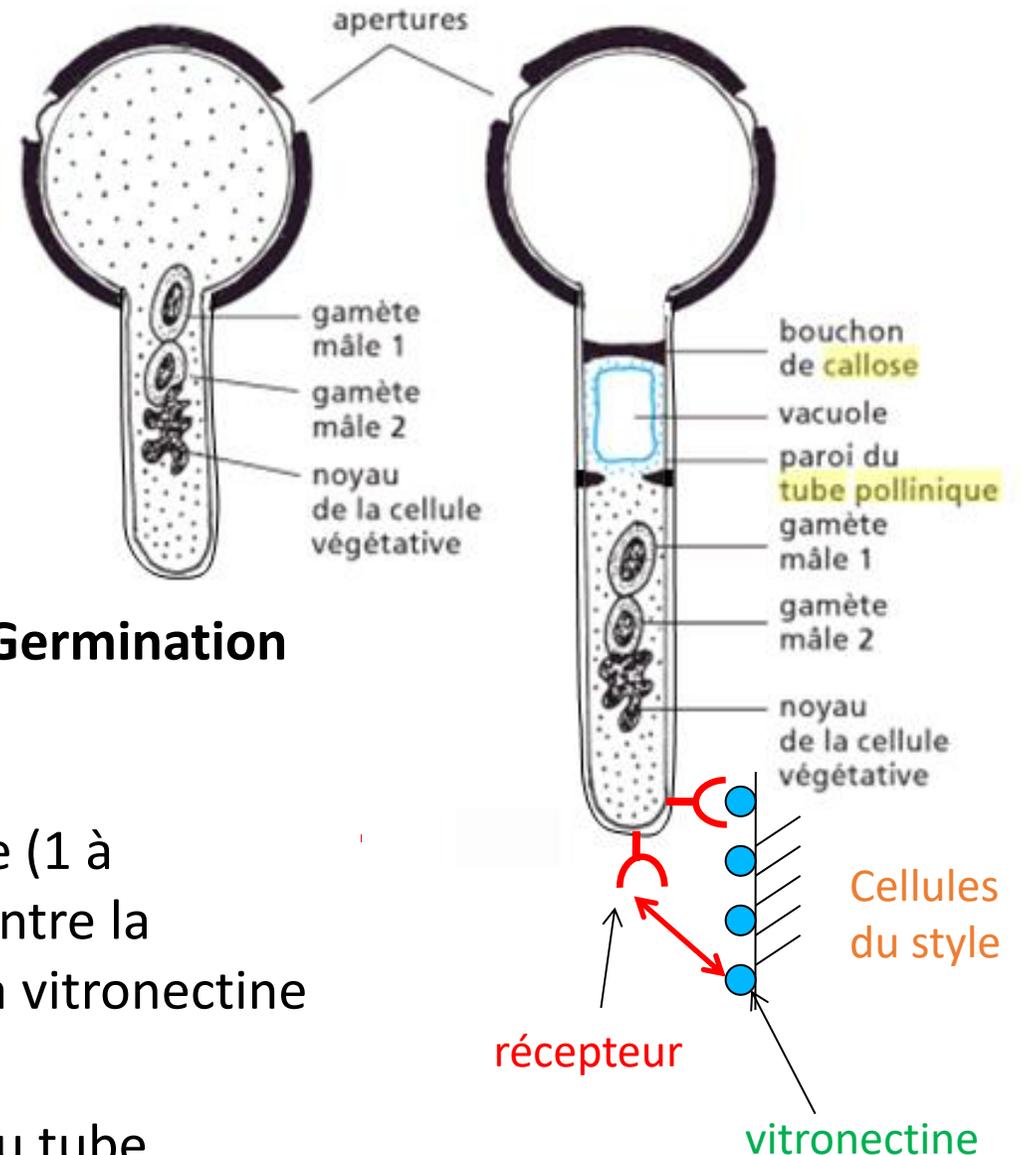
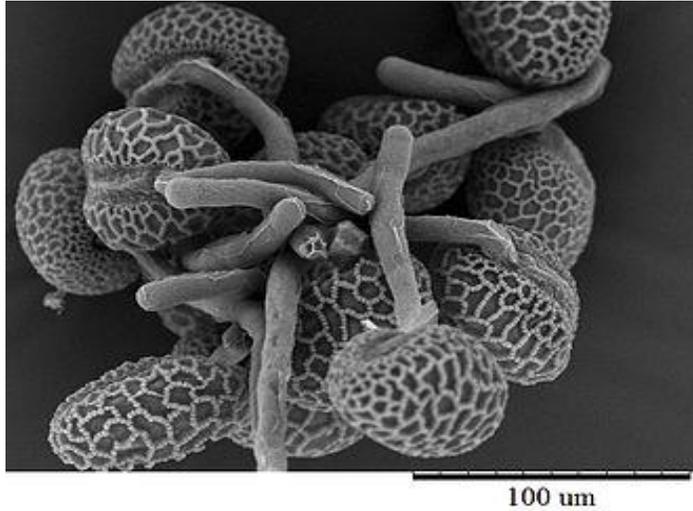


FIG. 270. — Action du bore sur le taux de germination du pollen du *Brassica nigra*, à gauche. Action du bore sur la croissance du tube pollinique, à droite (d'après I.K. VASIL, 1964).

Germination du grain de pollen et croissance vectorielle du tube pollinique



Réhydratation du pollen à la surface du stigmate => **Germination**

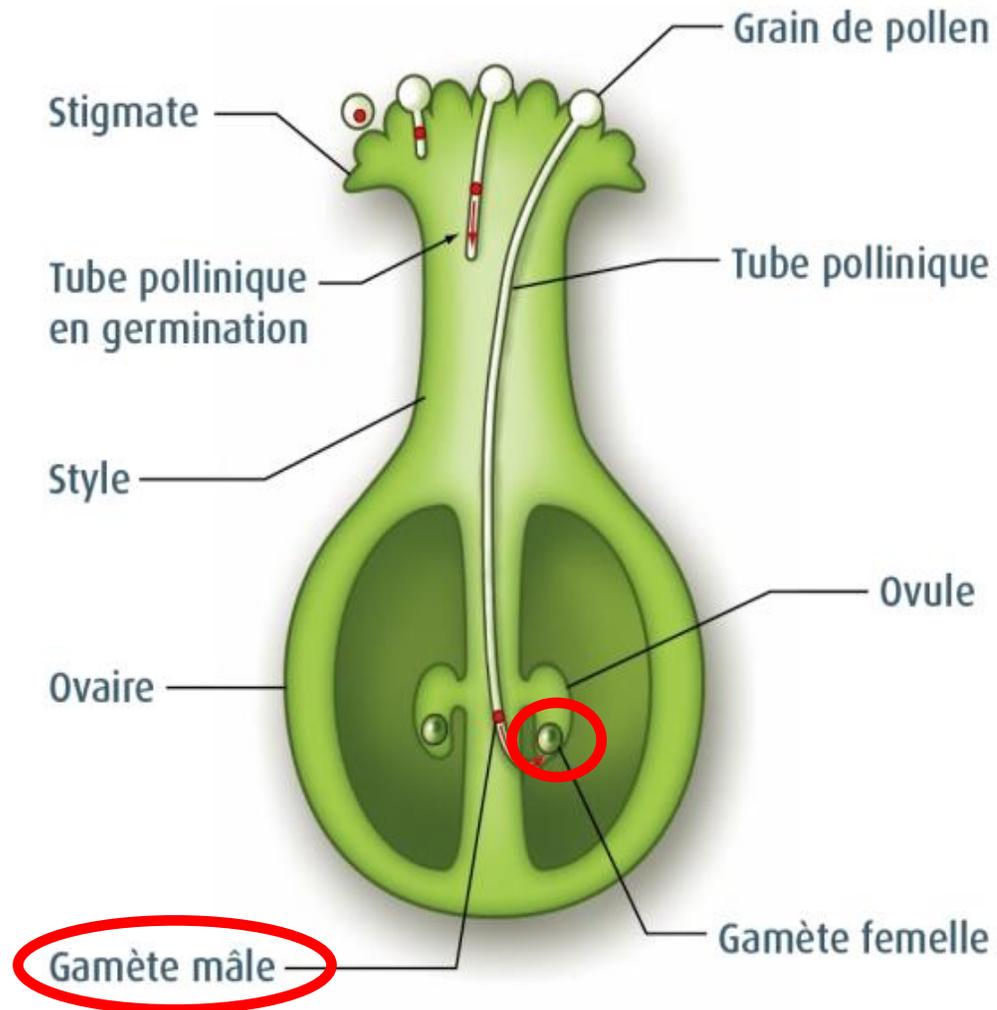
= émergence d'un tube par une ouverture

Croissance orientée du tube dans les tissus du style

(attaque enzymatique de la paroi des cellules), rapide (1 à 10mm/h), **guidée** par des interactions moléculaires entre la **vitronectine** de la MEC du style et des récepteurs à la vitronectine (intégrines) situés sur la membrane du tube

Des **bouchons de callose** isolent l'extrémité vivante du tube

Une rencontre des gamètes à l'abri du milieu aérien



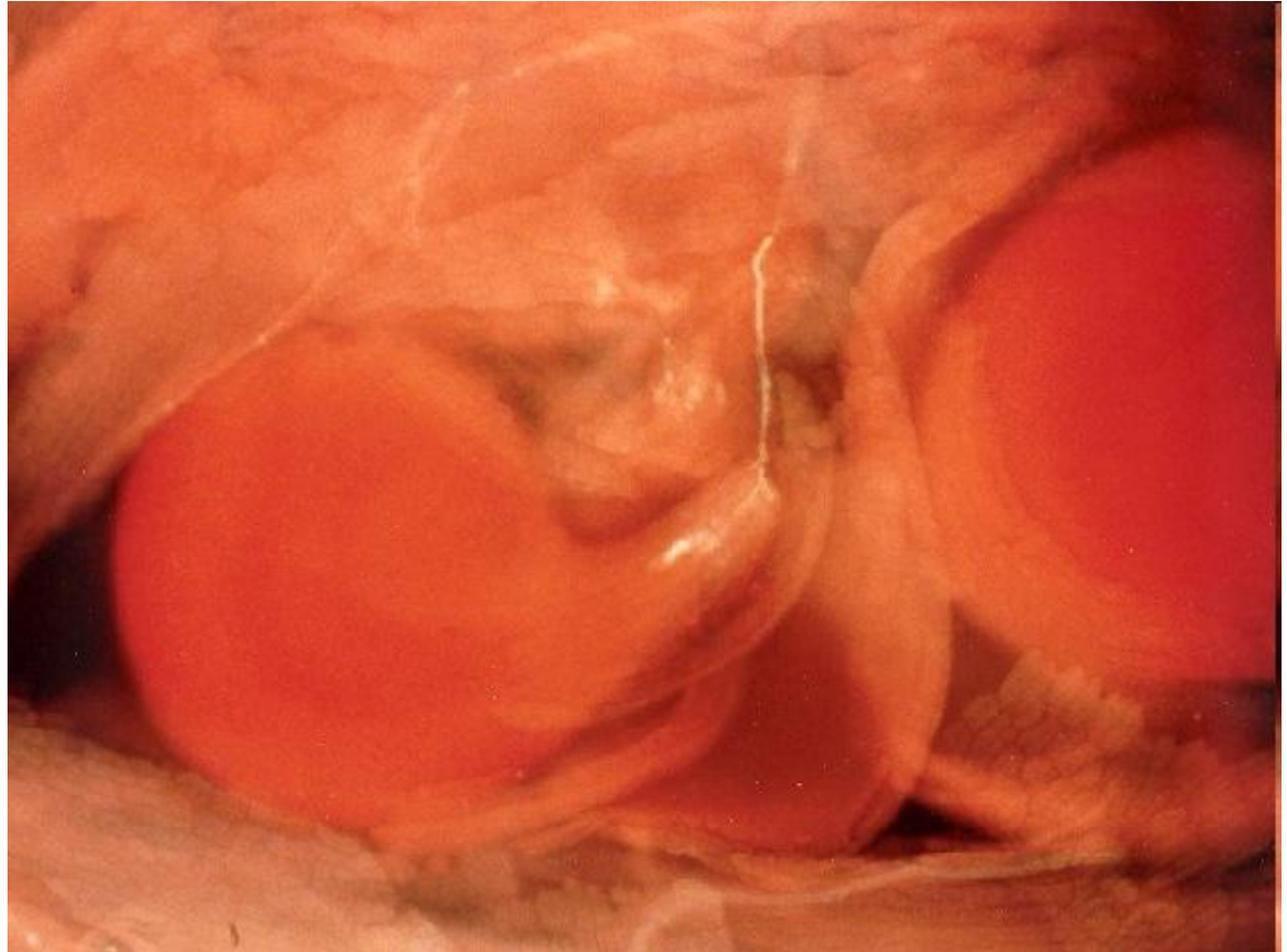
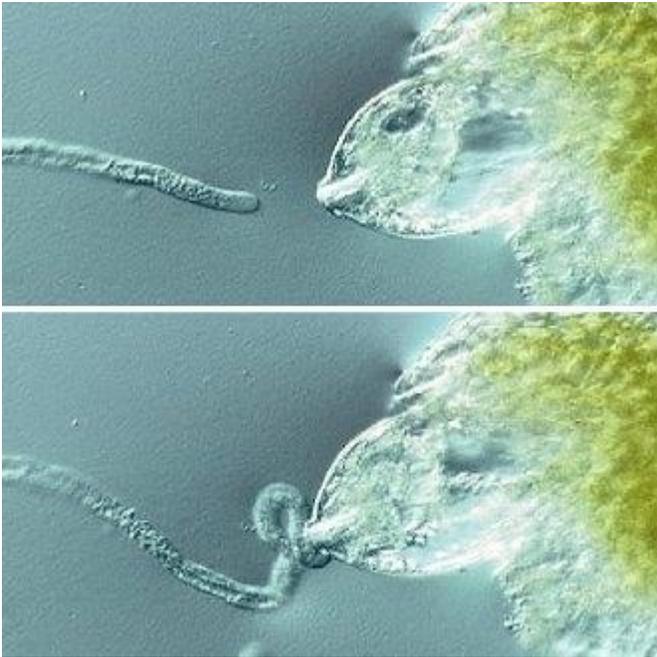
Attraction du tube pollinique par des substances chimiques produites au niveau du micropyle de l'ovule et par les synergides

Acheminement des gamètes mâles jusqu'au sac embryonnaire dans un tube copulateur=

Siphonogamie

⇒ **indépendance vis-à-vis de l'eau**

Guidage mécanique puis guidage par chimiotactisme et
Entrée dans l'ovule puis vers le sac embryonnaire



Guidage mécanique puis guidage par chimiotactisme et Entrée dans l'ovule puis vers le sac embryonnaire

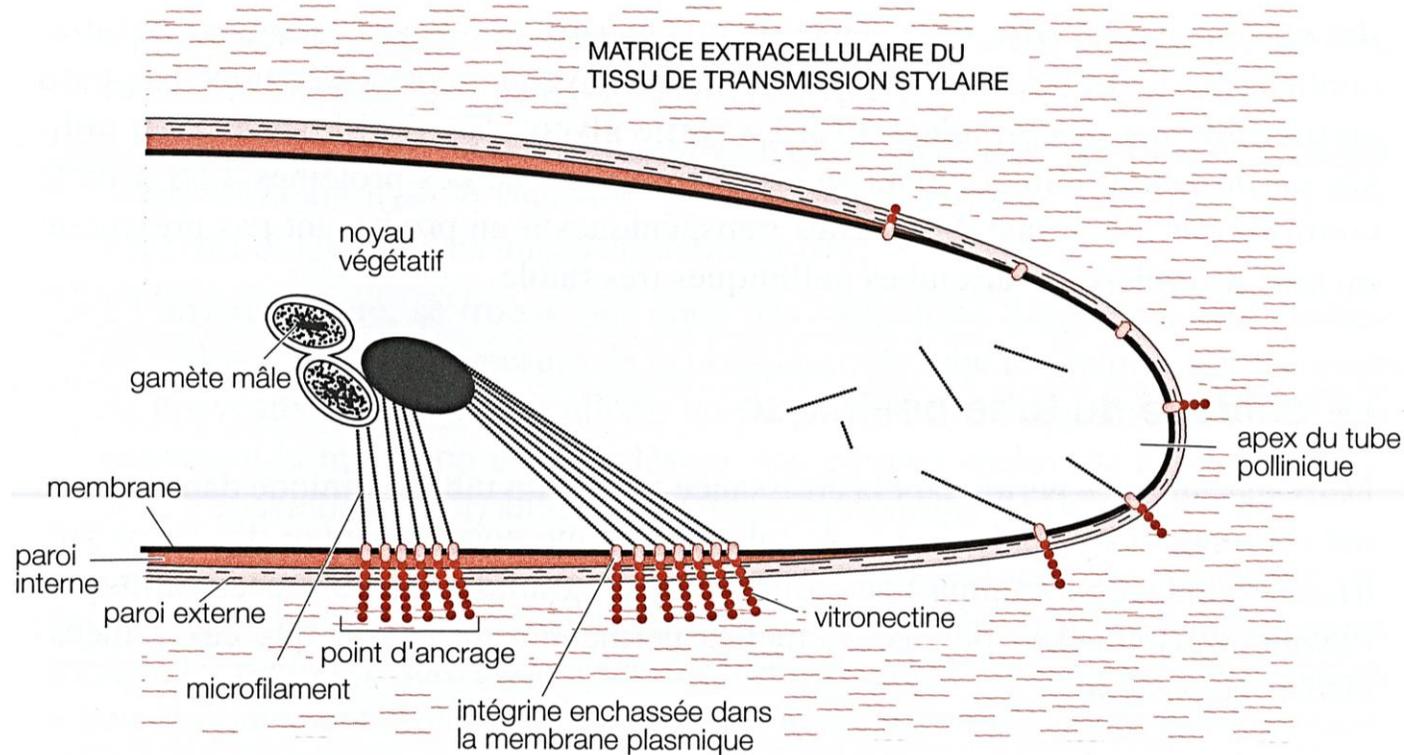


Fig. V.7. Modèle de croissance guidée du tube pollinique dans le tissu de transmission.— À l'apex, le cytosquelette est désorganisé, les intégrines sont peu denses et certaines ne sont pas liées à des vitronectines. Elles peuvent diffuser dans la membrane plasmique. En arrière de l'apex, le cytosquelette est très organisé, les intégrines sont regroupées et fortement liées au cytosquelette et aux vitronectines. Les intégrines sont peu mobiles dans la membrane plasmique. (Modifié d'après Lord et Sanders, *Developmental Biology*, 153, 1992, pp. 16–28.)

Guidage mécanique puis guidage par chimiotactisme et Entrée dans l'ovule puis vers le sac embryonnaire

— le test dit « en surface ». A la surface d'un milieu de culture solidifié, les grains de pollen sont déposés à quelques millimètres du fragment d'organe, ou d'un extrait de cet organe, dont on veut mettre en évidence l'action chimiotropique (fig. 269, A).

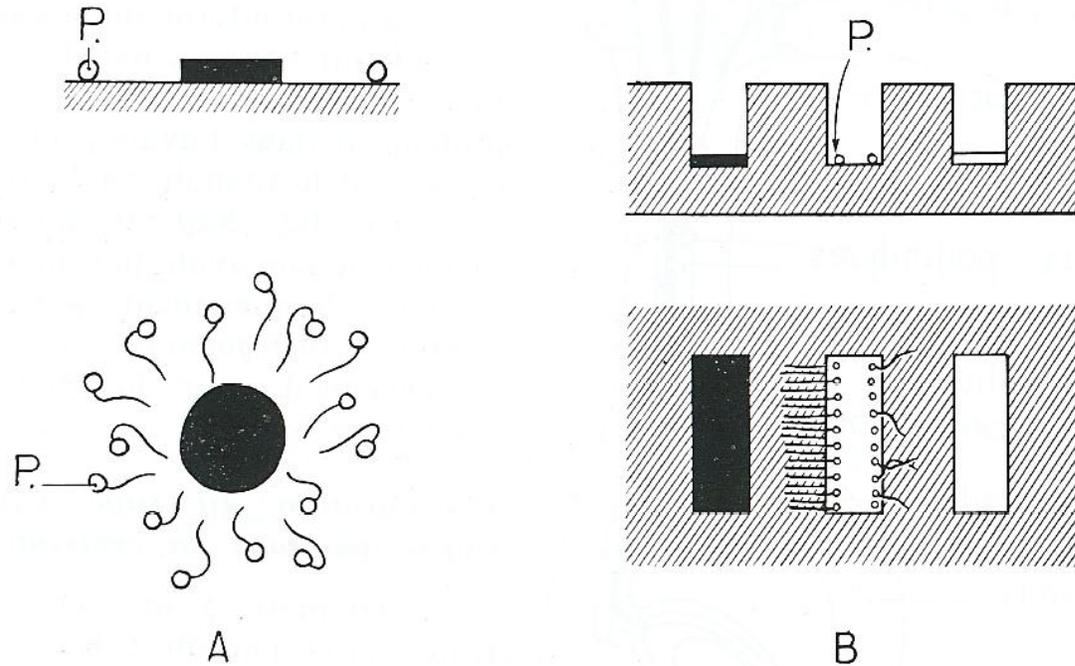
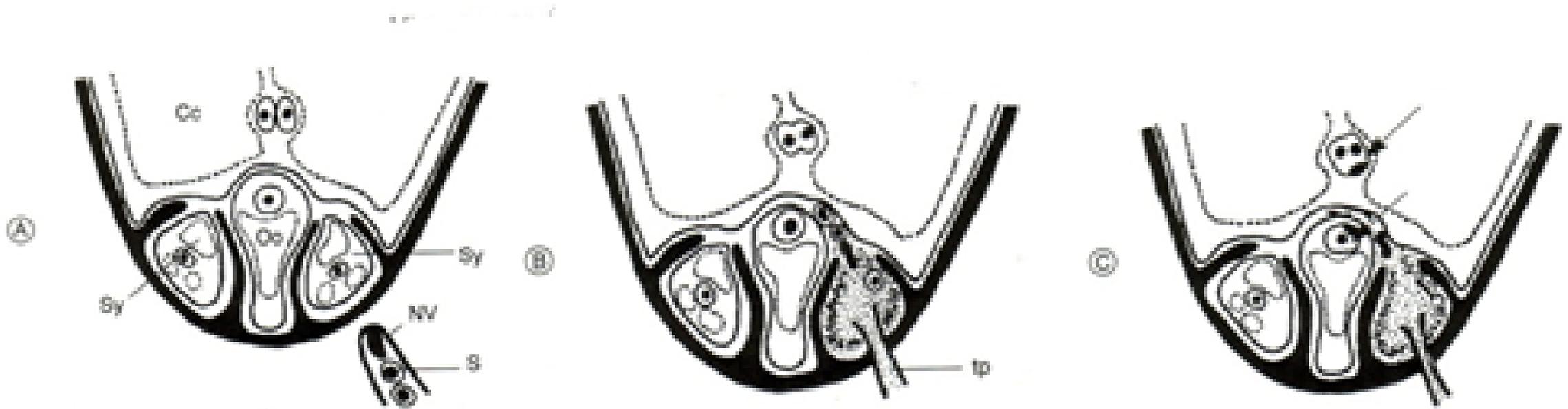


FIG. 269. — A : test « en surface » d'un chimiotropisme des tubes polliniques ;
B : test « en dépression ».

— le test dit « en dépression ». Dans trois dépressions creusées dans un bloc de gélose nutritive on dépose : des grains de pollen au fond de la dépression médiane, les organes ou l'extrait à éprouver dans une des dépressions latérales, d'autres organes ou d'autres extraits, que l'on sait inactifs et qui serviront de témoins, dans la deuxième dépression latérale

Décharge pollinique

Tube pollinique au niveau des synergides



Bilan

Deux œufs :

Zygote principal : donnera la plantule après DE

Zygote accessoire : donnera l'albumen

Siphonogamie (commune aux angiospermes et pinophytes.

Double fécondation spécifique aux angiospermes.

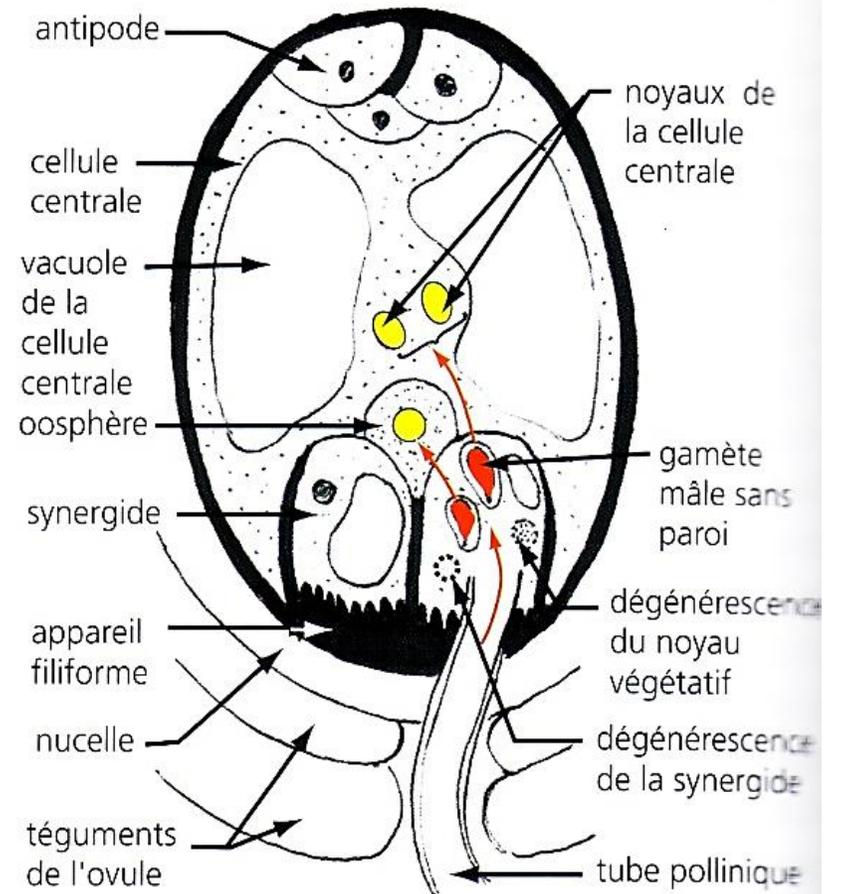


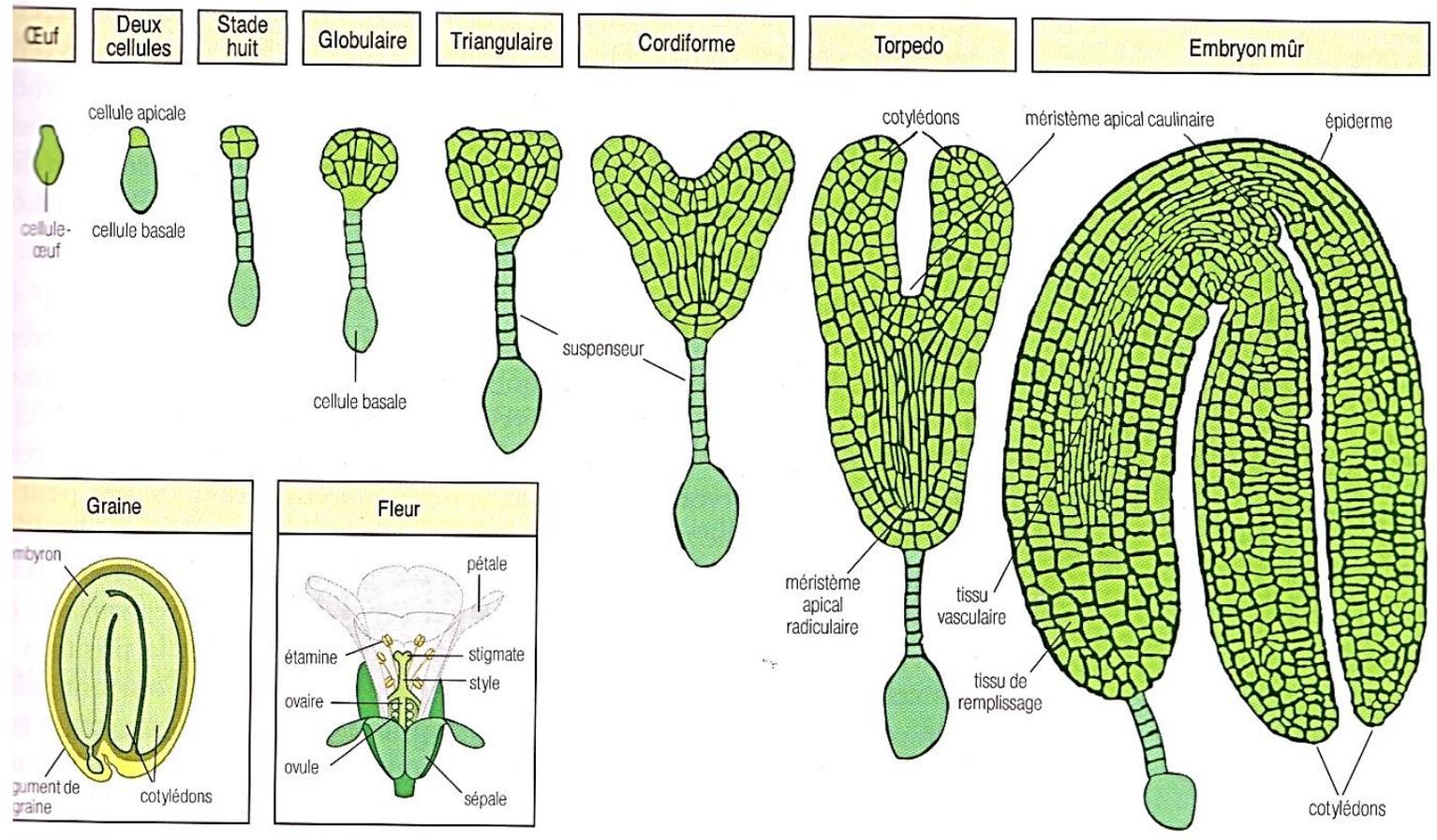
Figure 5-21 : double siphonogamie

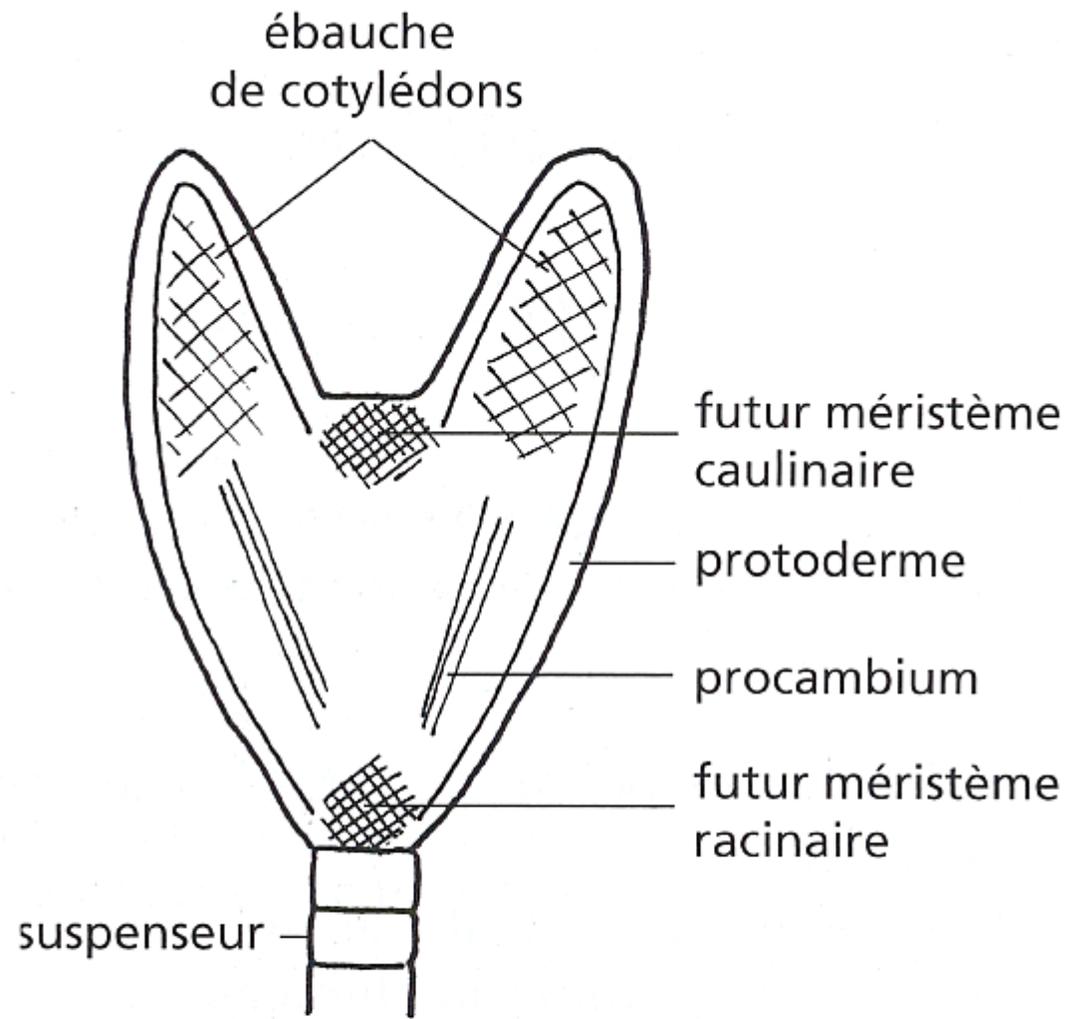
Le sac embryonnaire est figuré en bleu, les gamètes mâles en rouge, les noyaux du sac embryonnaire impliqués dans la fécondation en jaune.

f. De l'ovule à la graine et du carpelle au fruit

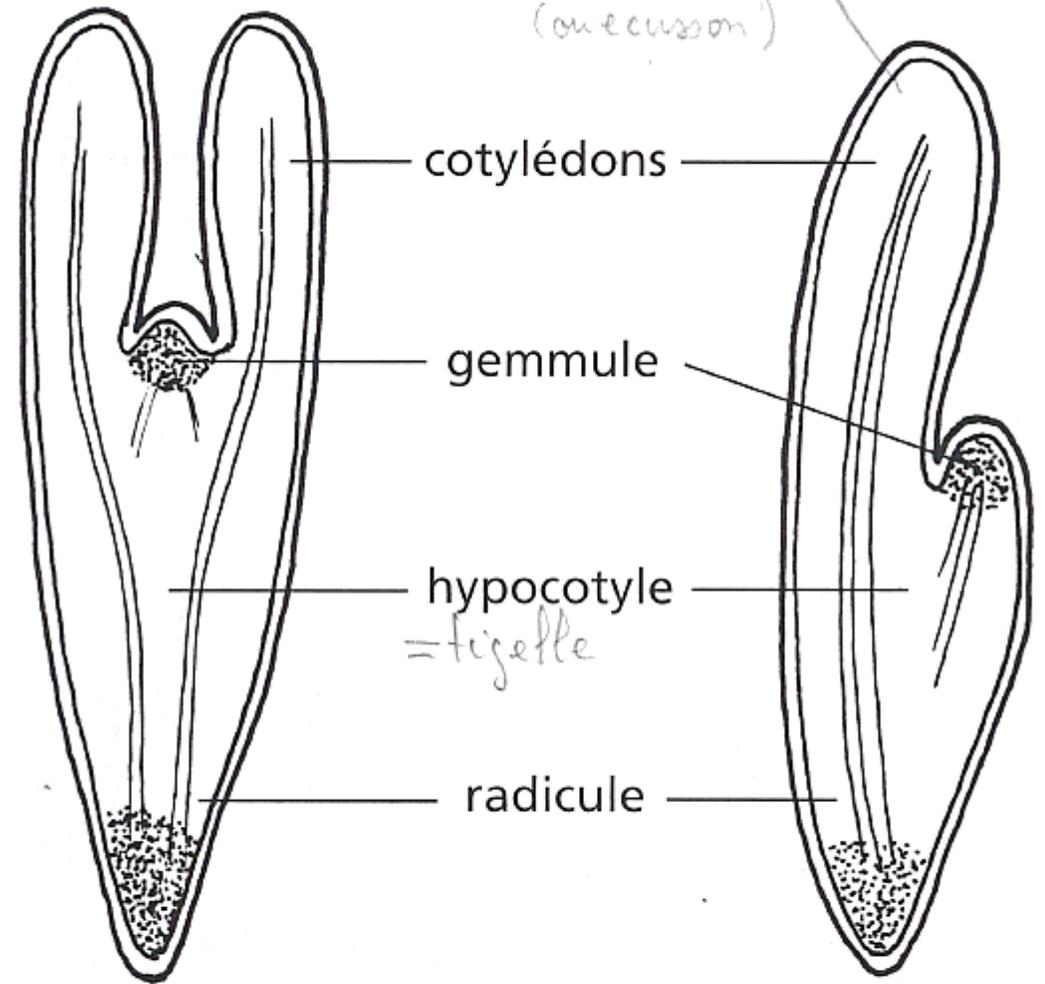
Etape du DE

Hors programme





Embryon cordiforme



Dicotylédones

Monocotylédones

Figure 5.25 L'organogenèse embryonnaire.

Le pro-embryon globuleux s'organise en embryon cordiforme puis en embryon achevé. Ceci se déroule pendant la première moitié de la période de formation de la graine.

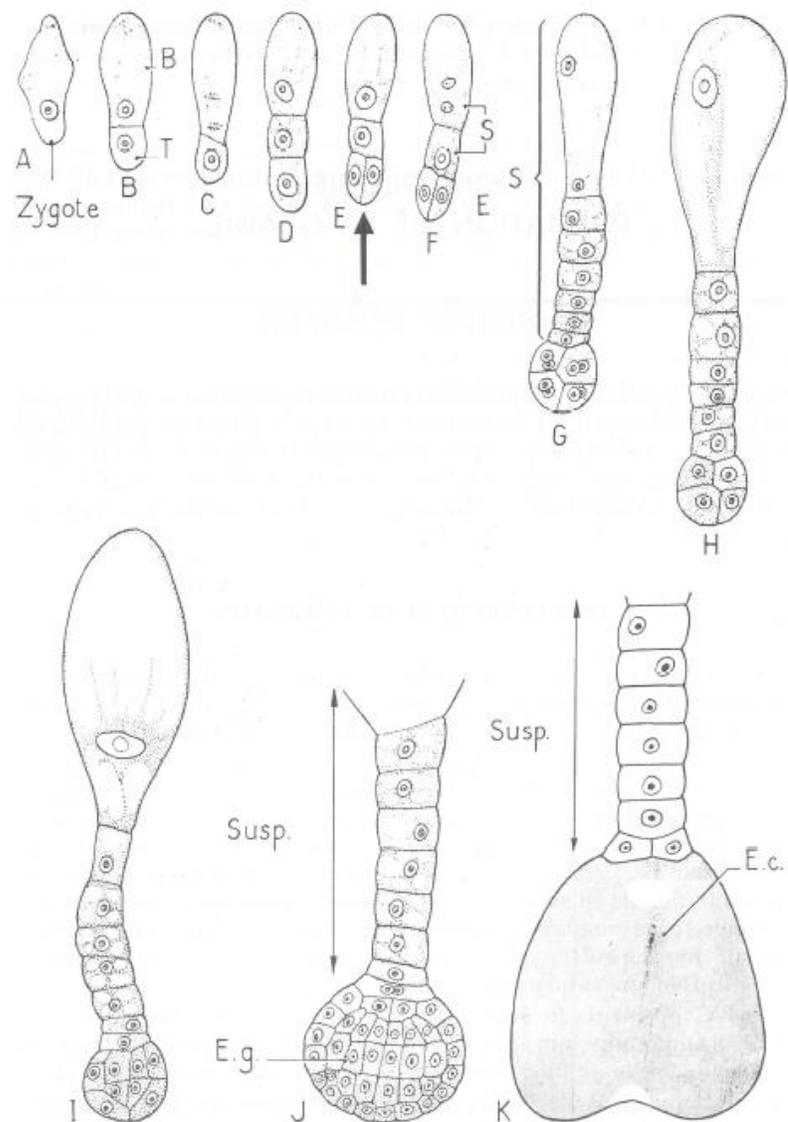
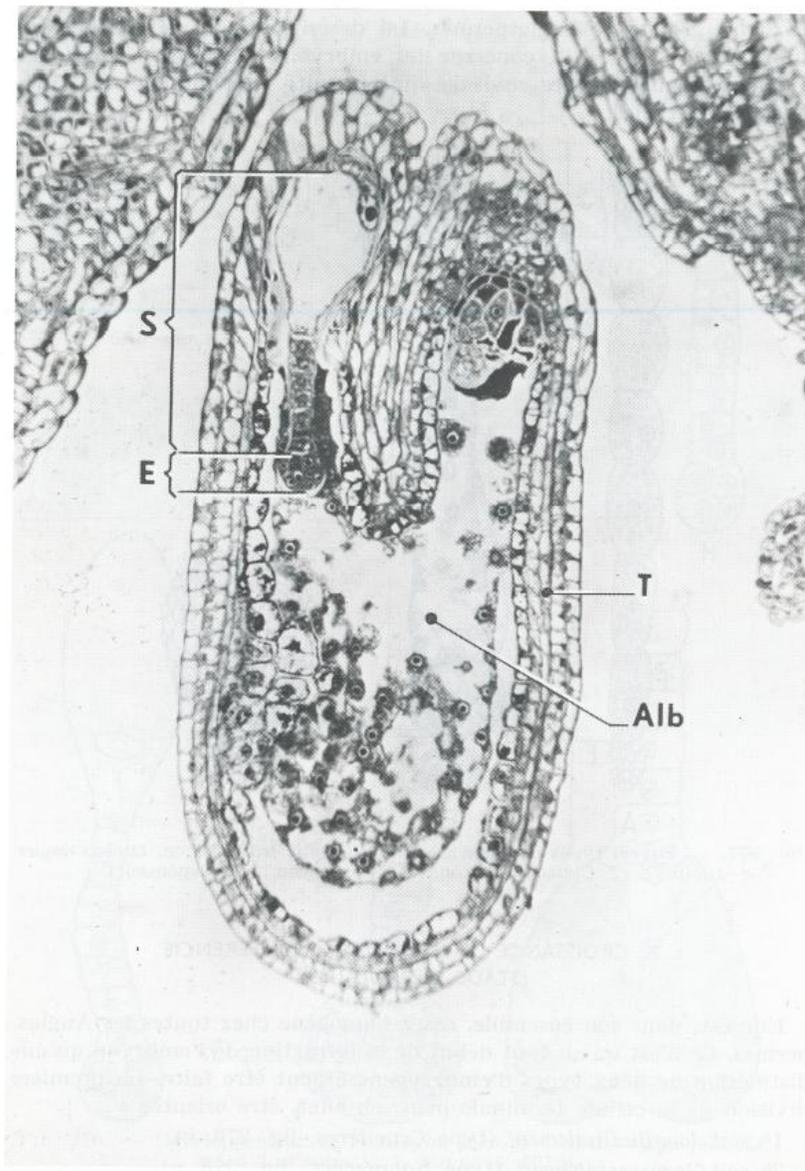
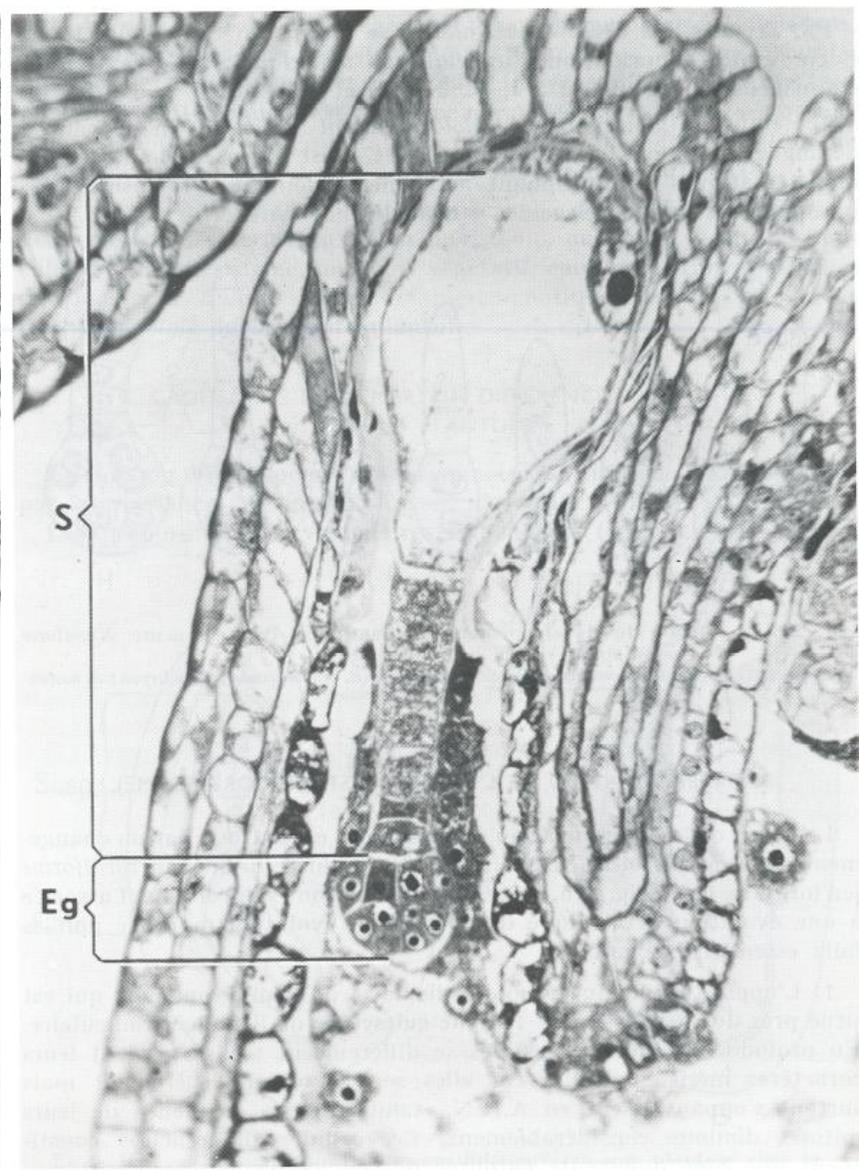


FIG. 276. — Développement de l'embryon chez la *Caspella bursa pastoris*.
(A à J, d'après E. C. SOUÈGES, 1919).

De A à J : formation du suspenseur et de l'embryon indifférencié (stade globuleux) ; observer en E la division longitudinale de la cellule terminale. K : différenciation de l'embryon (stade cordiforme) ; en blanc, dans la section de l'embryon, sont figurées : la zone quiescente de la radicule et l'ébauche du point végétatif de la future tige. (B., cellule basale ; E.c., embryon cordiforme ; E.g., embryon globuleux ; S et Susp., suspenseur ; T., cellule terminale).



Coupe longitudinale dans un ovule embryonné de la Capselle bourse à pasteur (*alb.*, albumen ; *e.*, embryon ; *S.*, suspenseur ; *t.*, tégument) (G × 200).



Embryon globulaire de la Capselle bourse à pasteur (*eg.*, embryon globulaire ; *s.*, suspenseur) (G × 500).

Accumulation de réserves

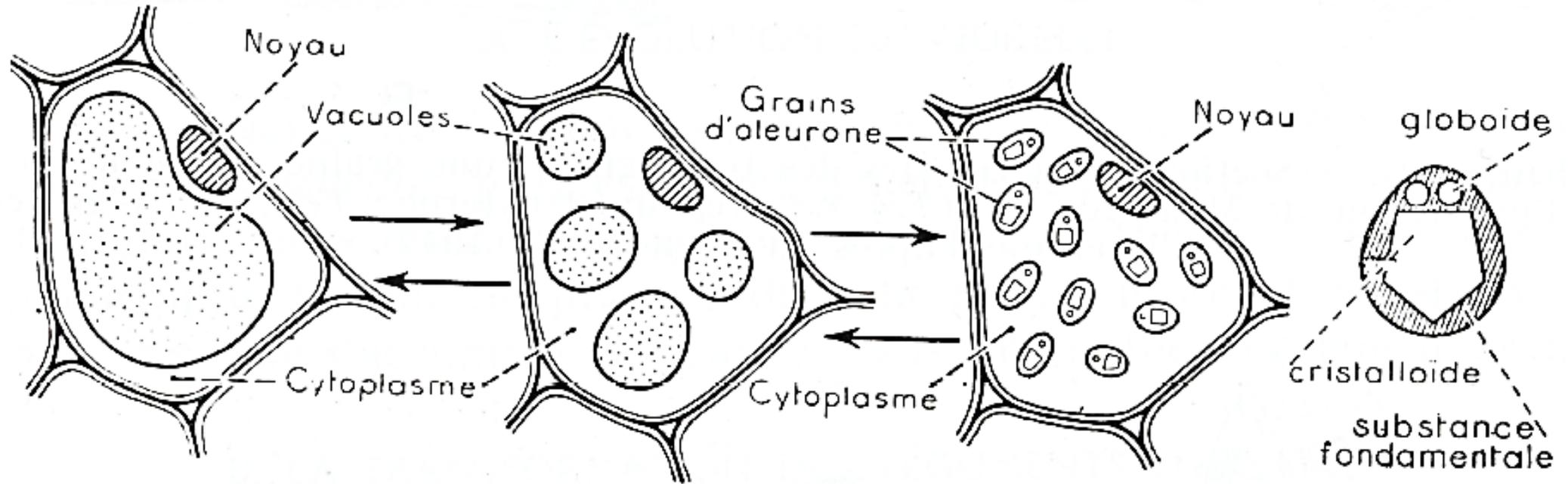
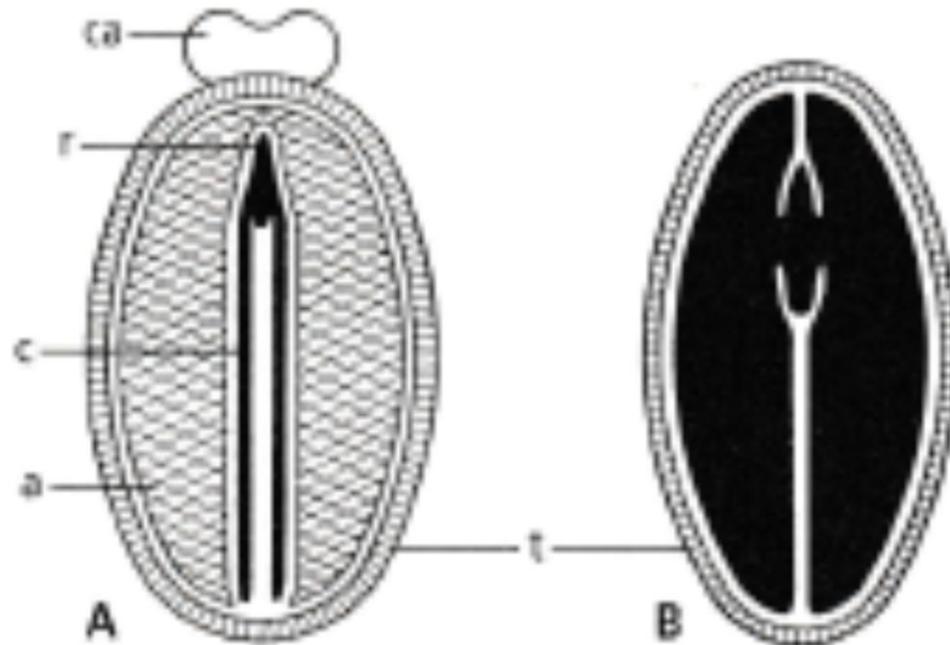


FIG. 285. — Formation des grains d'aleurone à partir des vacuoles, pendant la maturation de la graine (en allant de la gauche vers la droite). Hydratation des grains d'aleurone pendant la germination de la graine (en allant de la droite vers la gauche).

Bilan : l'ovule devient une graine

Rappel TP :

Suivant les cas, albuminées ou exalbuminées



De la fleur au fruit

Fruit simple : transformation du carpelle croissance le plus souvent due à la fécondation, mais parthénocarpi possible.

Fruit = accumulation de réserves (glucides, lipides et protéines)

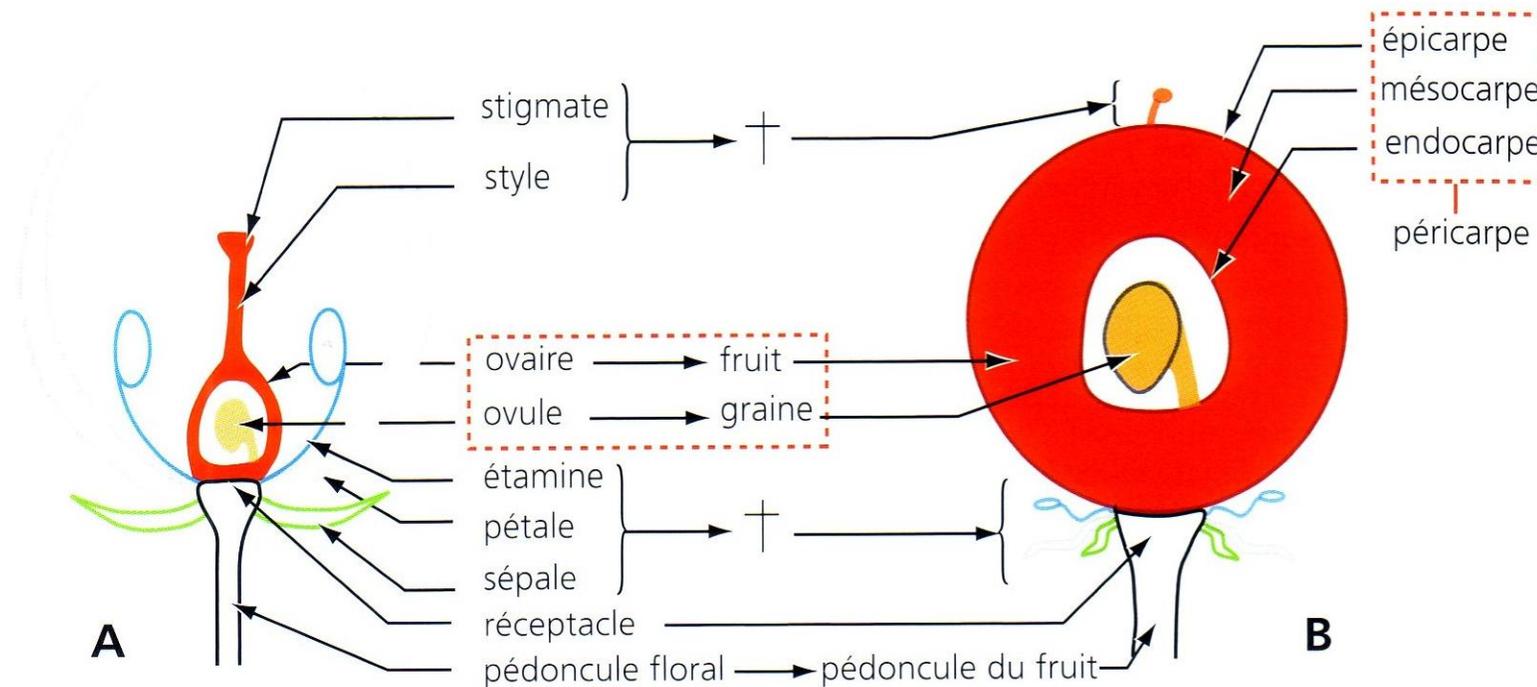
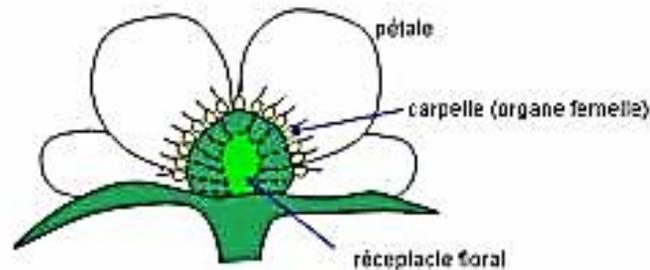


Figure 5-40 : de la fleur au fruit, aspects morphologiques

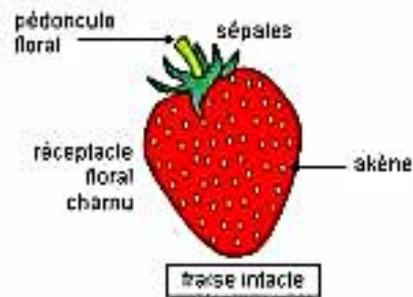
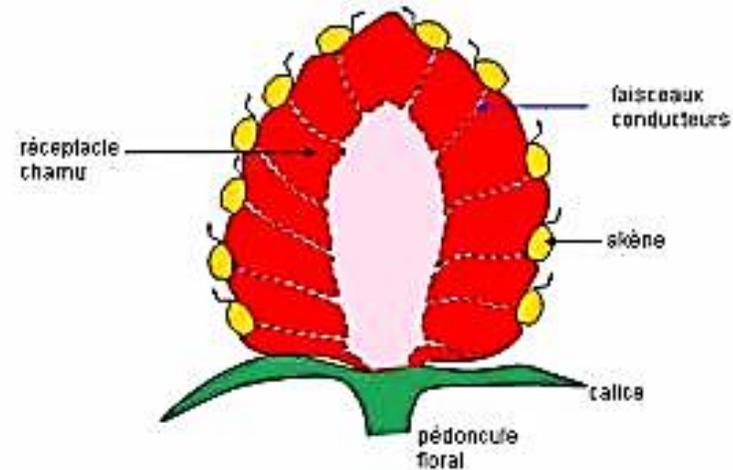
Fruit complexe : carpelle + autres parties de la fleur

Importance des signaux hormonaux

Expérience de Nitsch en 1950- rôle des akènes-
les akènes sont enlevés au début du développement



fleur de fraisier (les étamines ne sont pas représentées)



Forte croissance

Plus de 10 fois la taille initiale

Croissance par auxèse essentiellement
et mérése

Sous le contrôle d'hormones : auxine,
gibbérellines, cytokinines libérées par
les graines.

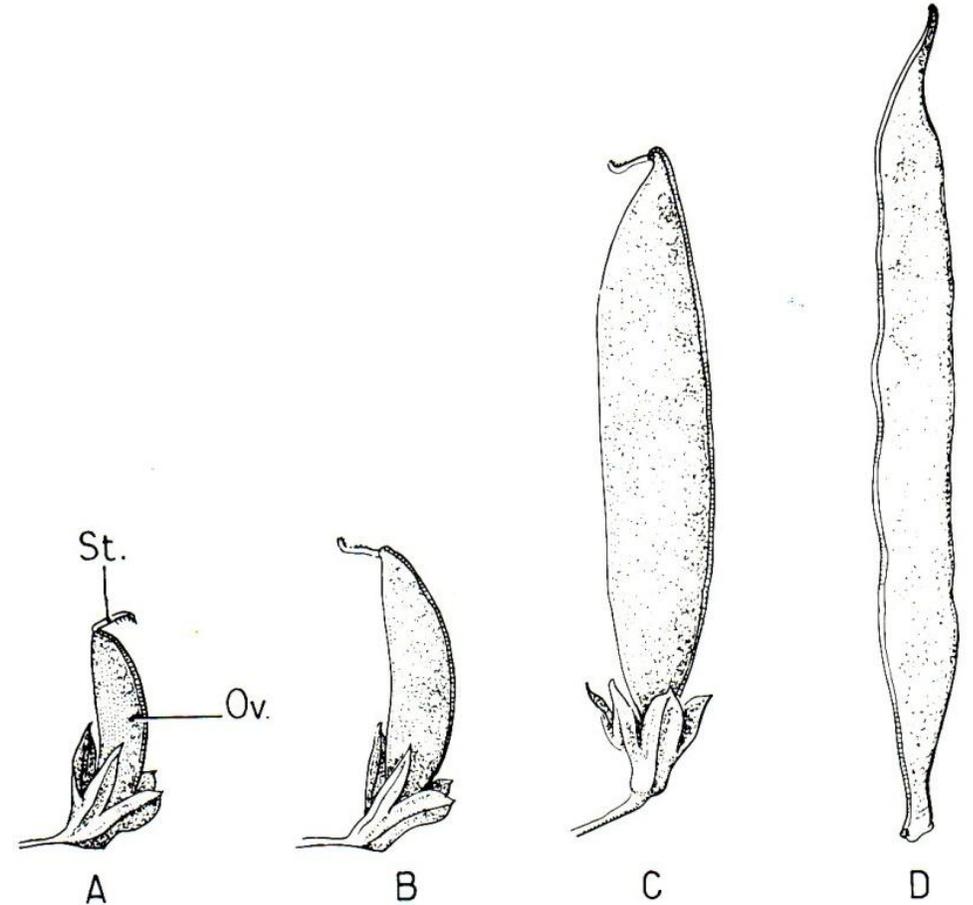
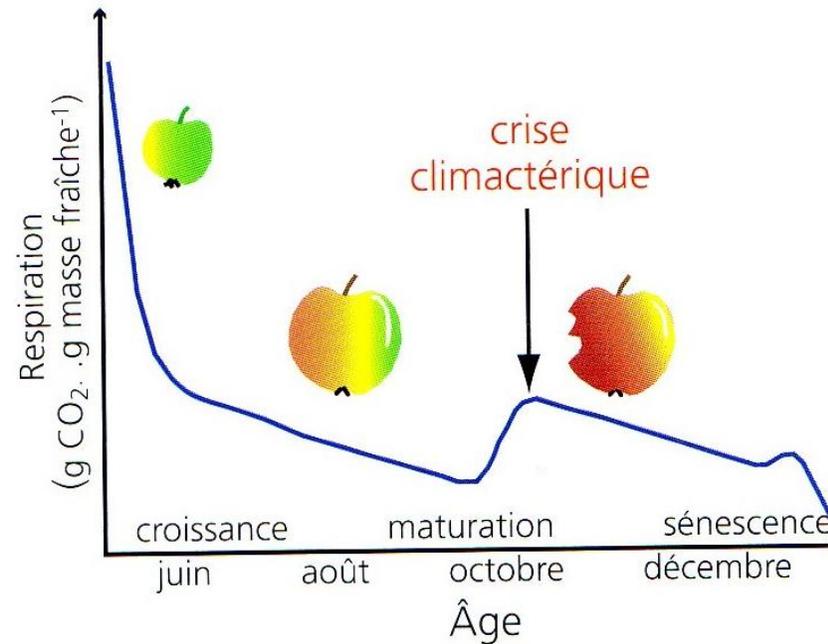


FIG. 296. — Croissance du fruit (gousse) du Haricot (*Phaseolus vulgaris*) (d'après W. TROLL, 1957).

Remarque hors programme : fruit climactérique

- Rôle de l'éthylène dans la maturation du fruit



C. respiration d'une pomme au cours de sa maturation (d'après Ulrich, 1952)

Fruits et dissémination

- **Dissémination** : mode de propagation des **espèces** végétales ou animale via les diaspores qui sont capables de **redonner un individu au complet**. Les diaspores sont des unités de dissémination qui sont issues :
 - de la reproduction **sexuée** : exemple la graine = **semence**
 - de la reproduction **végétative** : voir exemples du chapitre suivant sur la multiplication végétative
- **Dispersion** : peut s'appliquer à un organe de la plante et non à l'espèce : exemple le pollen, qui ne permet pas seul, la production d'un nouvel individu

Fruit et dissémination

Autochorie (courte distance)

Cymbalaire phototropisme négatif : le pédoncule se courbe et libère les graines dans les anfractuosités des roches



Arachide : géotropisme positif de la fleur fécondée permettant l'enfouissement des fruits

On parle aussi de géochorie car les fruits sont enfouis sur place.

Fruit et dissémination

Barochorie (courte distance)

Barochorie

(du grec *baros*, poids)

Fruits et/ou graines lourds tombant par son propre poids au pied de la plante mère en traversant le feuillage (cupule avec châtaignes)

Transport à très courte distance



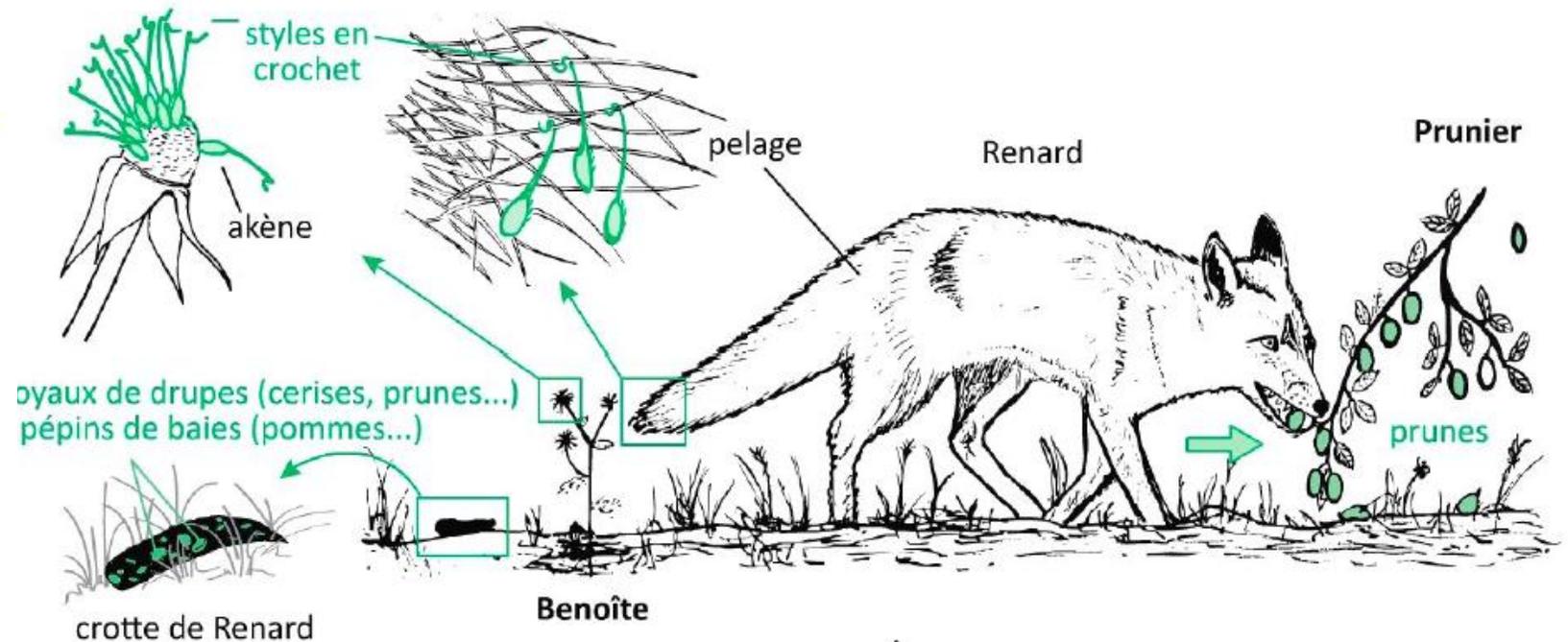
Fruit et dissémination

Zoochorie

Fruits et/ou graines munis de crochets (bardane) ou d'aiguillons s'accrochant au pelage, au plumage ou aux vêtements (épizoochorie)

D'autres fruits et/ou graines ingérés par l'animal (endozoochorie)

Transport à grande distance par les animaux migrateurs



Succès évolutif des espèces dont les fruits sont disséminés par l'homme

Importance des fourmis dans la dissémination des graines

Viola nuttallii :
Partie comestible
sur la graine et
rejet du reste

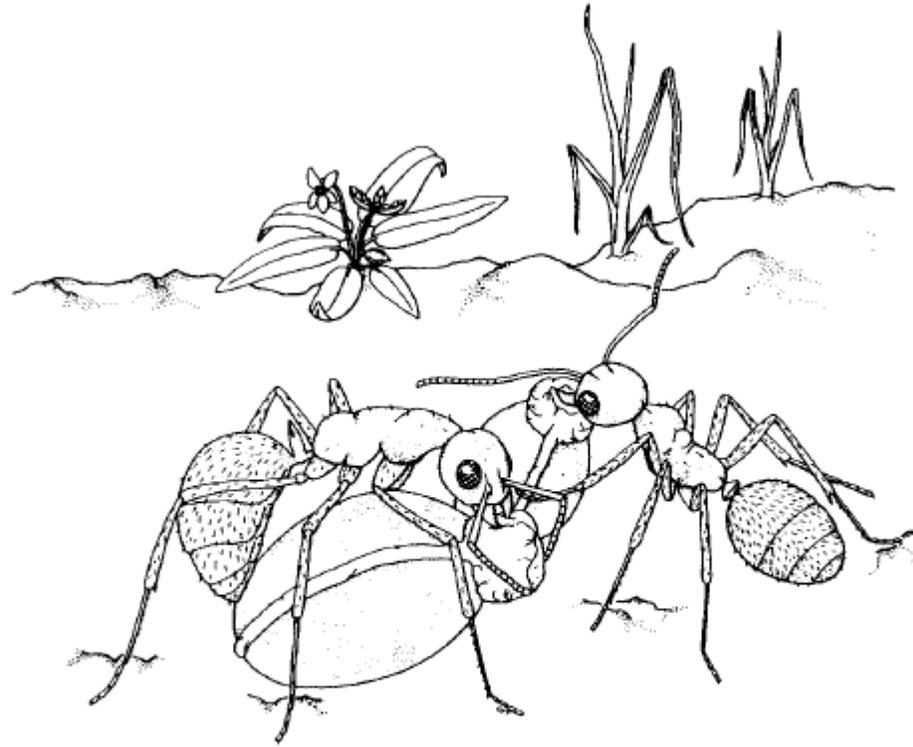


Fig. 4.4. Ants (*Formica podzolica*) picking up seeds of *Viola nuttallii*. The seed bears an attractive and edible appendage. Ants carry the entire seed back to their nest, eat the appendage and discard the seed. Dispersal of seeds by ants is very common in some floras, but the advantage of ant dispersal may vary greatly among species or regions (e.g. escape from predators or other destructive agents, or deposition in an especially favourable site for germination and growth). (From Beattie, 1985, p. 74.)

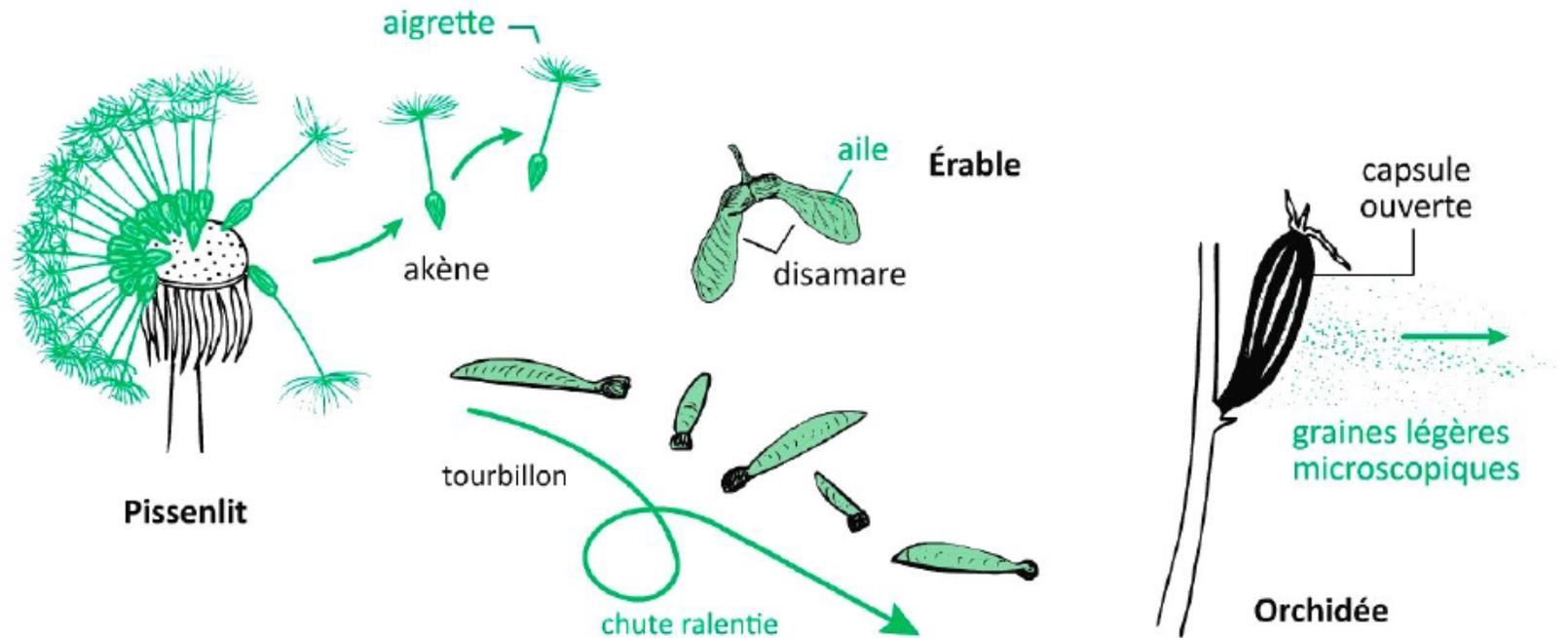
Fruit et dissémination

Anémochorie

(du grec *anemo*, vent)

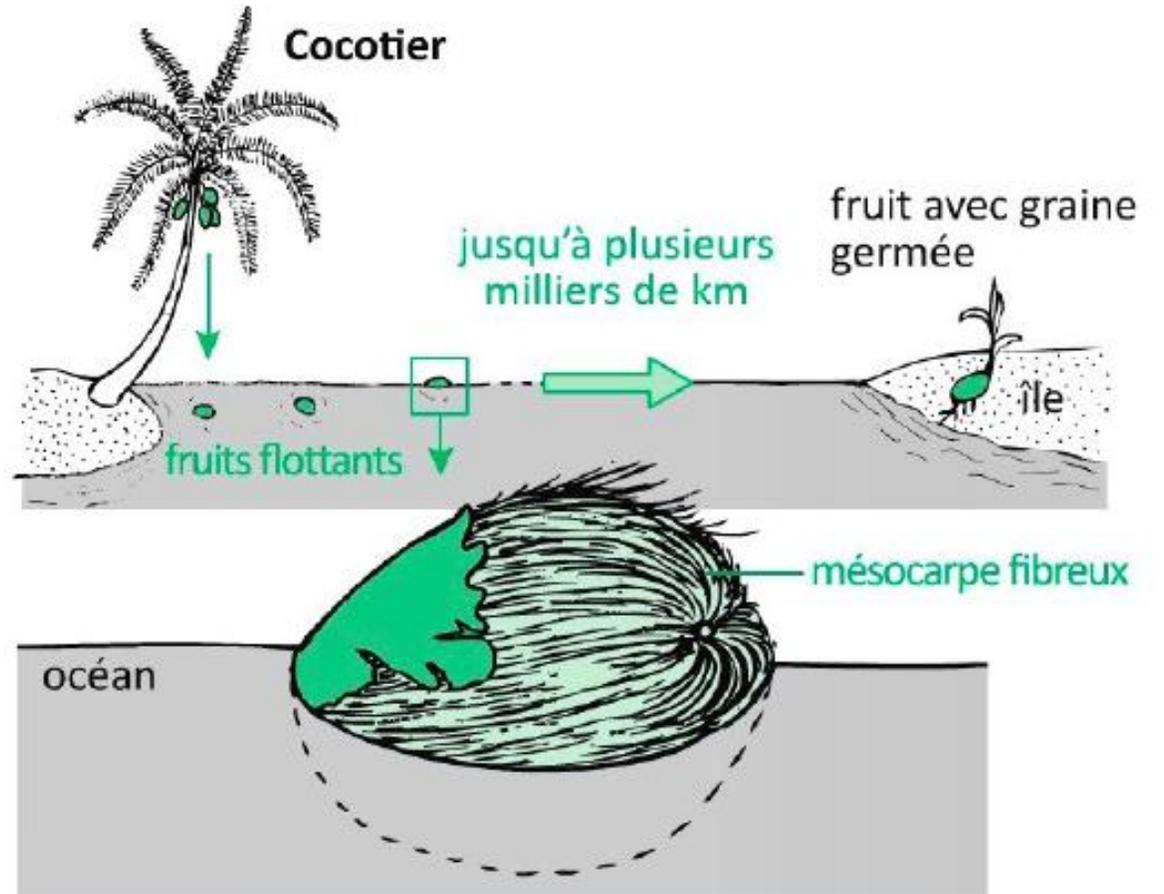
Fruits et/ou graines légers, petits, à aigrettes plumeuses (akène de pissenlit) ou à ailes (samare d'érable) faisant prise au vent

Transport à grande distance



Fruit et dissémination

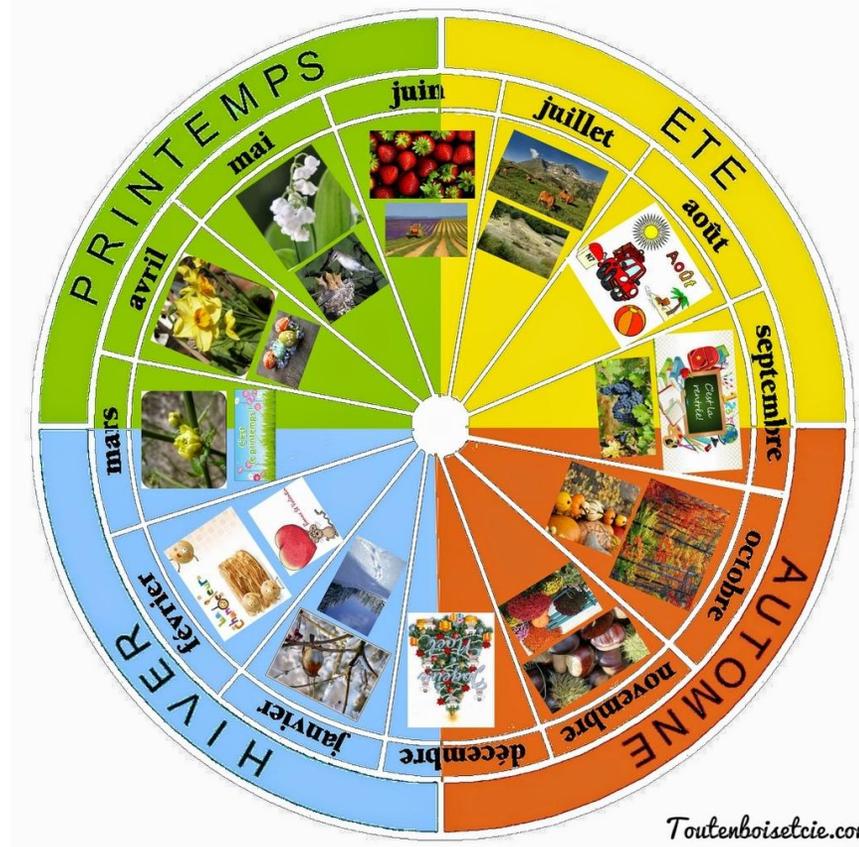
Hydrochorie



g. Synchronisation de la reproduction par rapport aux saisons

Synchronisation de la floraison : revoir SV-B-3-3 photopériode vernalisation

Notion de phénologie



La dormance des graines

Vie ralentie liée à la déshydratation = métabolisme réduit

2 types de vie ralentie : testables en mettant la graine en condition favorable à sa germination

↙
Vie ralentie

Semence quiescente dont la vie ralentie est imposée par les conditions du milieu = origine extrinsèque

↘
Dormance

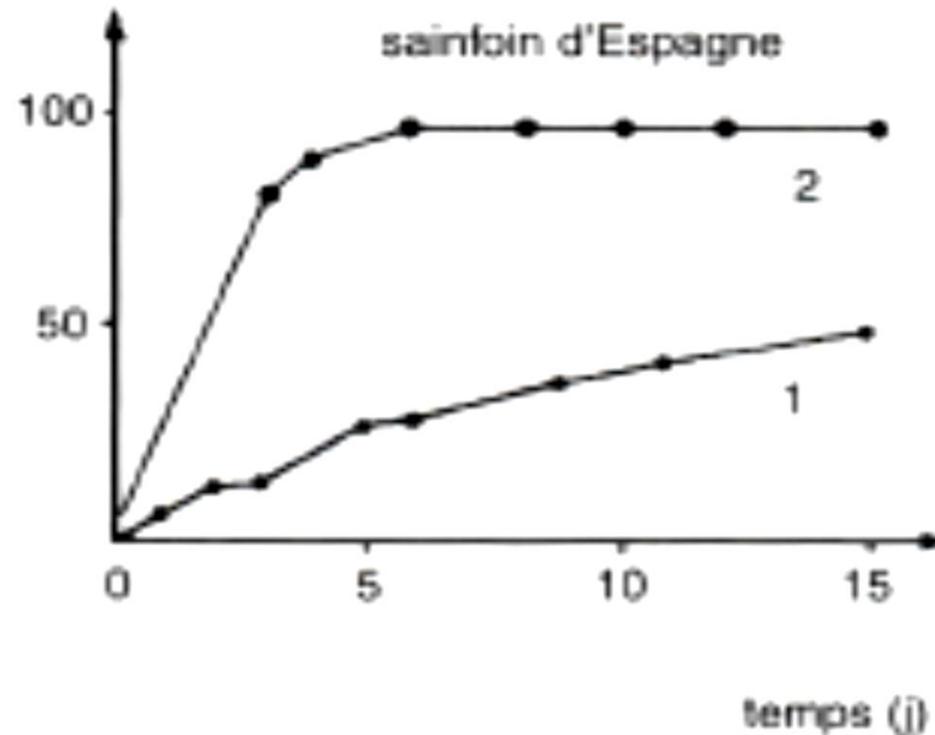
Le retour à une activité plus intense nécessite divers processus internes de levée de dormance = origine intrinsèque



Levée naturelle de la dormance par le froid

Expérience sur des graines dormantes :

1 : graine prélevée sur un fruit mature, 2 : graine après passage 1 mois au froid



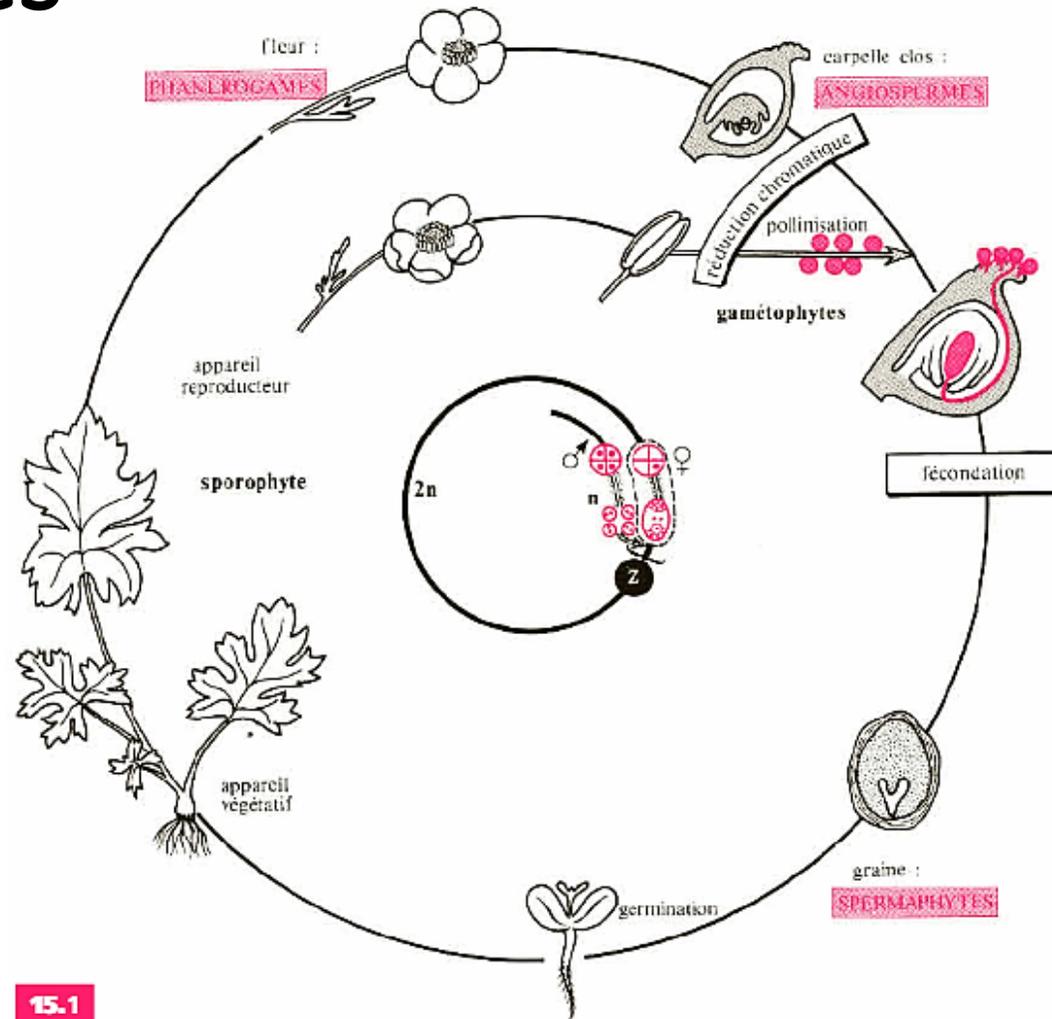
Bilan

Vie ralentie = métabolisme réduit du fait de la déshydrations

Dormance = incapacité à germer même si les conditions sont favorables, deux types de dormance des graines : d'origine tégumentaires ou embryonnaire (importance de la balance ABA/Gibbérelline dans la levée de dormance).

Levée de dormance principalement par un traitement au froid = dormance **psychrolabile** (mais aussi par le passage dans le tube digestif d'un animal, par un feu de forêt, par l'action de la lumière = dormance **photolabile...**).

h. Bilan : cycle de reproduction des angiospermes



15.1

15-1. Alternance de phases avec extrême réduction mais persistance de l'haplophase.

CYCLE D'UNE ANGIOSPERME

**Brassage génétique
et Multiplication
des individus (♂)**

MEIOSE

1 mégaspore

Mitose

Mitose

GAMETOPHYTE ♀ n
Sac embryonnaire

Oosphère
gamète ♀

Noyaux secondaires

Anti-podes

Dispersion du pollen

4 microspores

GAMETOPHYTE ♂ n
Grain de pollen

gamètes ♂

**Brassage génétique
et Multiplication
des individus**

été

**DOUBLE
FECONDATION**

Transformation
ovule → graine

Dissémination

Albumen = zygote
accessoire (3n)

Vie ralentie en
Automne-hiver

Floraison
Fin printemps/été
Sexualisation

SPOROPHYTE 2n
Pied feuillé

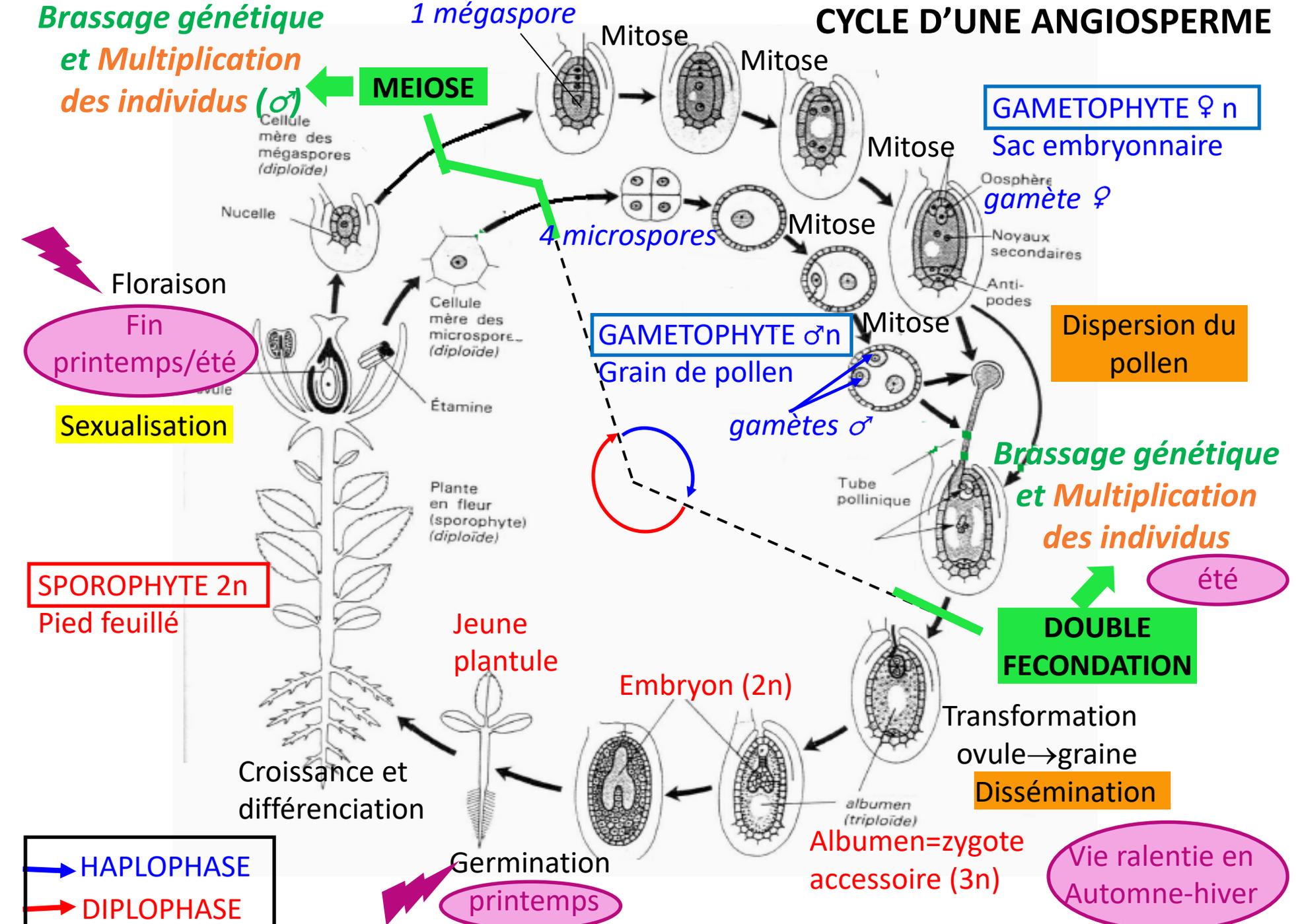
Jeune
plantule

Embryon (2n)

Croissance et
différenciation

Germination
printemps

→ HAPLOPHASE
→ DIPLOPHASE



Nombreuses originalités / reproduction sexuée

Lien avec le succès évolutif du groupe : 250 000 à 300 000 espèces d'angiospermes contre 13 000 de filicinées

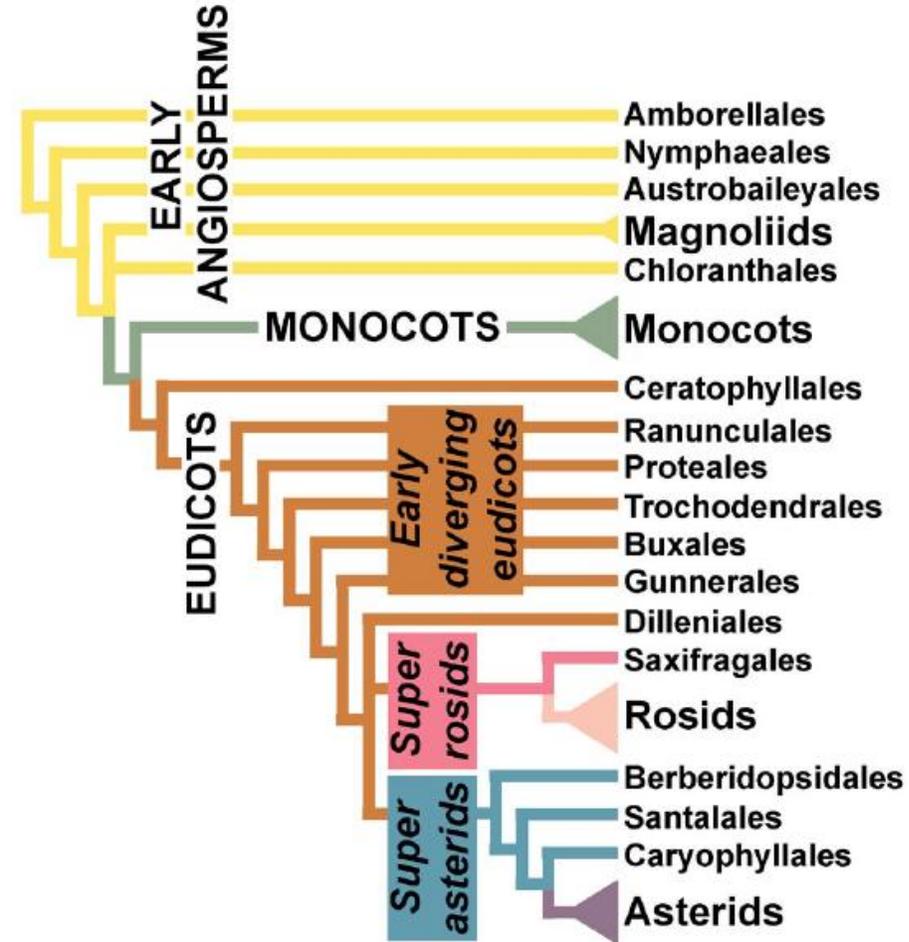


Figure 2: A simplified phylogeny of angiosperms.