

TP B3-4-5 – La reproduction des végétaux

But du TP :

- Réaliser une dissection florale, établir un diagramme floral et une formule florale
- Réaliser et interpréter des coupes d'anthères et d'ovaires, analyser l'organisation des grains de pollen et des sacs embryonnaires
- Comparer la déhiscence des anthères à la celle du sporange de polypode
- Mettre en lien les deux principaux types de pollinisation et les caractères des fleurs, émettre des hypothèses sur le mode de pollinisation, argumenter la coévolution plante/insectes
- Dégager les grands traits de l'organisation de fruits et mettre en lien avec les fonctions de protection, et de dissémination des graines (dont diversité des modes de dissémination), distinguer un fruit d'une graine ; identifier fruit charnu (baie et drupe), fruit sec déhiscent (gousse, follicule, silique) et fruit sec indéhiscent (caryopse et akène), au sein de fruits simples ou de fruits multiples, repérer des homologies et des convergences dans l'organisation des fruits et des graines.
- Déterminer la nature d'un organe de multiplication végétative, et discuter de ses capacités de dissémination et de modalités de multiplication

I. Les spores et leur devenir chez les Embryophytes

1. La fleur des Angiospermes

a) Morphologie florale et pollinisation

Divers modes de pollinisation existent, et en premier lieu l'**anémogamie** et l'**entomogamie**. On va ici tâcher d'identifier ces modes de pollinisation par l'analyse de la morphologie florale, au travers de la **dissection florale**, et de ses représentations conventionnelles qui sont le **diagramme floral** et la **formule florale**.

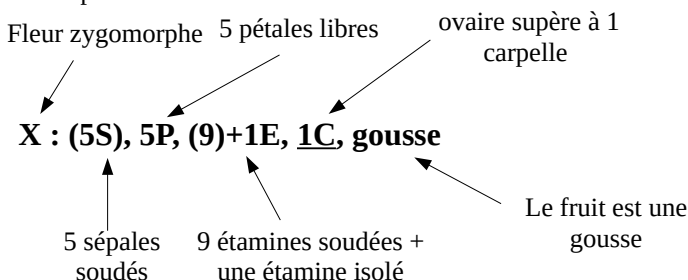
La dissection florale est un exercice souvent demandé au TP du concours. Elle consiste à séparer les différents éléments de la fleur de façon à les coller de façon ordonnée. D'un point de vue technique, quelques principes doivent être observés :

- Les éléments doivent être séparés lorsqu'ils étaient soudés initialement (notamment, pétales et sépales). La plupart du temps, cette opération est impossible à réaliser pour les carpelles.
- Les éléments sont collés en respectant les verticilles sur lesquels ils se trouvaient dans la fleur.

Le diagramme floral est une représentation schématique de la fleur, qui montre la disposition des différentes pièces florales, ainsi que leurs liens éventuels. Il est une représentation schématique idéalisée de la dissection florale. On y précise le nombre et la nature de pièces florales, les soudures, et la disposition des pièces florales sur les différents verticilles.

La formule florale est une représentation conventionnelle du type de fleur (zygomorphe : X ; actinomorphe : O), du nombre et de la disposition des pièces florales (sépales : S ; pétales : P ; étamines : E ; carpelles : C ; précision éventuelle du type de fruit). Les symboles sont entre parenthèse lorsqu'ils représentent des organes soudés.

Exemple : formule florale des Fabacées



Du point de vue de l'intérêt de la dissection florale, du diagramme floral ou de la formule florale, on gardera à l'esprit

que **ces exercices permettent de répondre à une problématique scientifique**, et ils ne sont en rien un exercice purement technique et manipulatoire. On ajoutera donc aux légendes des éléments qui permettent de répondre au problème posé par l'énoncé. Exemple :

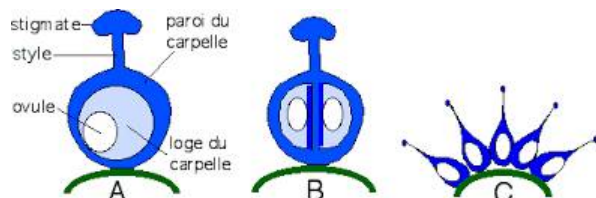
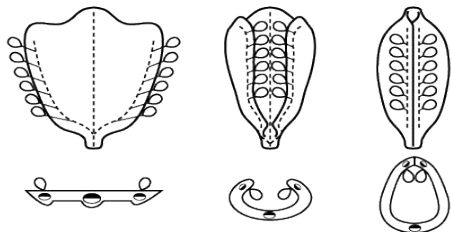
- la disposition déphasée des pétales et des sépales est une **adaptation à la pollinisation par les insectes** ;
 - la soudure des pétales est une **adaptation à la pollinisation par les insectes** ;
 - la présence de verticilles stériles réduits et d'étamines de grande taille est une adaptation à la **adaptation à la pollinisation par le vent**
 - ...
- **A partir des fleurs fournies, identifiez et présentez le mode de pollinisation, notamment à l'aide de dissections florales, de diagrammes floraux et de formules florales.**

b) Organisation des pièces fertiles de la fleur

Cette partie est une étude pratique de la structure des pièces fertiles (gynécée et androcée), qui vient en complément des parties abordées en cours. Elle vise notamment à s'entraîner à la réalisation de coupes fines de tissus végétaux à la main.

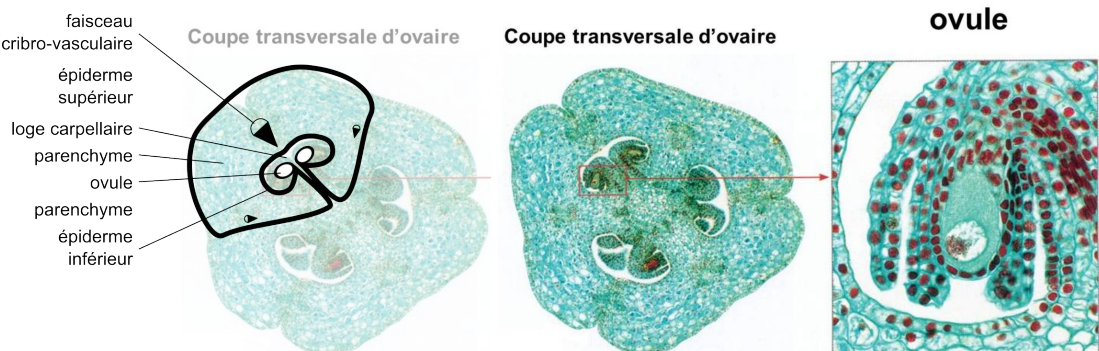
Le gynécée correspond aux parties femelles de la fleur. Le pistil est constitué d'un ou plusieurs **carpelles**, qui sont des feuilles transformées, totalement refermées sur elles mêmes, et portant des ovules.

Document 1:
Structure d'un carpelle, complètement replié à droite, et partiellement ou totalement déplié par la pensée au milieu et à gauche. On y retrouve la structure fondamentale d'une feuille.



Document 2: Le pistil, composé d'un carpelle unique (A), de deux carpelles soudés (B), de n carpelles libres (C)... entre autres formes courantes.

Document 3.
Coupe d'ovaire jeune de Jacinthe (*Asparagacée*) observée au microscope optique. Les noyaux sont colorés en rouge. Source inconnue.



Droite : on reconnaît la mégaspore, qui n'a pas encore subi les mitoses à l'origine du sac embryonnaire.

Vous disposez d'une fleur de Lys.

- **Réalisez une coupe fine d'ovaire de façon à en identifier les différents éléments d'organisation. Réalisez des dessins d'observation de vos coupes.**
- **Identifiez différents stades de maturité d'anthères, et réalisez une coupe fine d'un anthère immature. Réalisez des dessins d'observation de vos coupes.**

NB : pour les anthères en particulier, vous pouvez vous aider du document 6 p. 3, dans le polycopié de cours.

c) Pollen, pollinisation et coadaptations chez les insectes pollinisateurs

1 « Wikimedia Commons », consulté le 29 août 2024, <https://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil>.

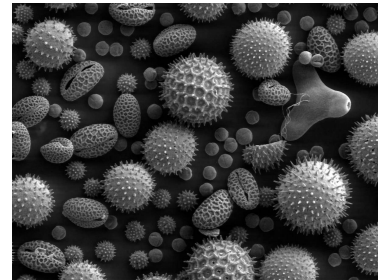
2 « Biologie Jussieu », consulté le 29 septembre 2024, <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/sommaires/bv.htm>.

L'abeille européenne (*Apis mellifera*), ainsi que de nombreuses autres espèces de pollinisateurs (comme les bourdons) possèdent de remarquables adaptations à la pollinisation, comme leur système de collecte du pollen, et leurs pièces buccales très dérivées.

Document 4. Des pelotes de pollen chez un bourdon terrestre.



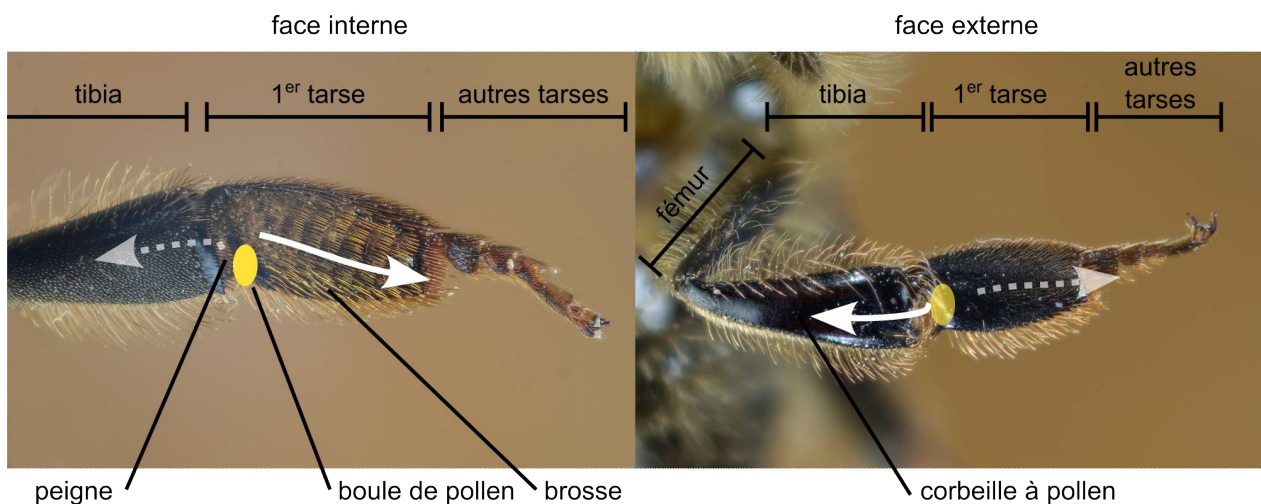
Document 5. Observations au MEB de pollens, dont la plupart sont entomogames.



3

Le système de collecte du pollen

La plupart des pollinisateurs consomment le **nectar** produit par les fleurs, mais beaucoup d'espèces (comme les abeilles) se nourrissent également de **pollen**, qui est très riche en protéines. Les abeilles disposent d'un système de récolte du pollen particulièrement efficace, constitué d'une **brosse**, d'un **peigne** et d'une **corbeille**, situés sur les pattes postérieures. L'abeille les utilise pour former une pelote de pollen, transportée jusqu'à la ruche.



Document 6. Mécanisme de la confection d'une pelote de pollen. La **brosse** piège de nombreux grains de pollen grâce à ses soies abondantes. Le **peigne** de l'autre patte vient bourrer les grains de pollen à la limite entre tarse et tibia, pour former une petite boule ; elle passe ensuite de l'autre côté de la patte, et s'accumule au niveau de la **corbeille à pollen**. Les grains sont humidifiés et rendus plus collants grâce à du nectar ou de la salive.

4

Pour une vidéo présentant une abeille en train de constituer sa pelote de pollen :

https://www.youtube.com/watch?v=V0e5r_j-ejA

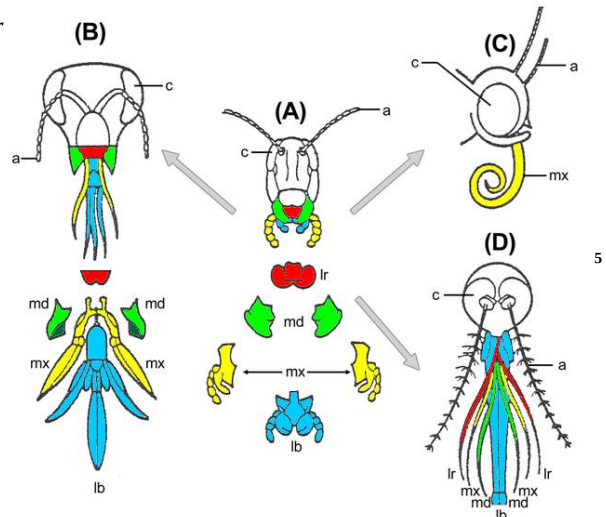
Les pièces buccales

Tous les insectes possèdent les mêmes pièces buccales (labre, mandibule, maxille, labium, glosse). La morphologie ancestrale est de type broyeur, comme chez le criquet. De nombreux insectes ont acquis des morphologies dérivées au cours de l'évolution. Chez l'abeille, l'appareil buccal est de type **broyeur-lécheur**. Le broyage est permis par les mandibules, comme chez le criquet ; il permet, par exemple, la mastication du pollen. Le léchage, permis par une modification importante du maxille, du labium et de la glosse, permet de récupérer le nectar dans la corolle des fleurs.

3 Un jardin dans le Marais poitevin, « Le Bourdon des prés », *Un jardin dans le Marais poitevin*, 20 mai 2019, <https://jardin-marais-poitevin.com/le-bourdon-des-pres/>.

4 Modifié d'après « Wikimedia Commons ».

Document 7. Les pièces buccales de l'abeille (B), à comparer au criquet (A). C : type suceur (papillons) ; D : type piqueur suceur (moustique).



Les plantes pollinisées par les insectes sont dites entomogames. Leur pollen est généralement de grande taille, et a des ornements qui lui permettent d'adhérer aux soies des abeilles, contrairement au pollen des plantes anémogames (pollinisées par le vent). Voir document 8 du polycopié de cours.

Vous disposez de pollen de différentes plantes.

- Réalisez les observations microscopiques adéquates permettant de formuler des hypothèses sur le mode de pollinisation de ces deux espèces végétales.
- Par des observations à la loupe binoculaire, identifiez des adaptations de l'abeille qui lui permettent d'être un pollinisateur.

2. Dispersion des spores et formation du prothalle chez les Filicophytes

Vous disposez de frondes (= feuilles) de Filicophytes, ainsi que de lames minces de prothalle. A l'aide d'observations au microscope et/ou à la loupe binoculaire, assorties de dessins d'observations :

- Identifiez les structures reproductrices du sporophyte (sores, sporanges, spores) et le mode de dissémination.
- Que pensez-vous des analogies de forme des assises mécaniques de l'anthère d'Angiosperme et du sporange de Filicophyte ?
- Identifiez les structures reproductrices du gamétophyte (anthéridies, archégonies).

II. Fruits et graines chez les Angiospermes

Le **fruit** est la structure reproductrice issue du développement de l'**ovaire**. C'est une des principales synapomorphie des Angiospermes. Au sein de l'ovaire, l'**ovule** se développe également pour donner la **graine**. Il existe une grande diversité de fruits et de graines, dont la morphologie est adaptée à la fonction de dissémination, de protection et de stockage de réserves.

1. Structure, diversité et fonction des fruits

a) Fruits vrais

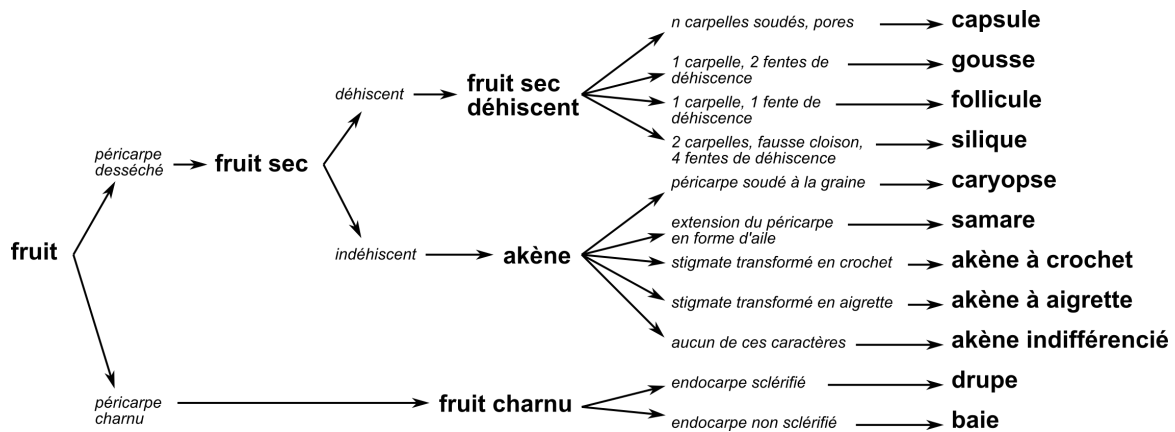
La paroi du fruit, qui dérive de celle de l'ovaire, comporte trois couches :

- l'épicarpe, dérivé de l'épiderme externe du carpelle ;
- le mésocarpe, dérivé du parenchyme du carpelle ;
- l'endocarpe, dérivé de l'épiderme interne du carpelle.

Chacune de ces trois couches a des devenir différents selon le type de fruit.

Le fruit peut dériver d'un ovaire à un ou plusieurs carpelle(s). Cette organisation est bien visible en identifiant la placentation, c'est-à-dire l'implantation des ovules (pour l'ovaire) ou des graines (pour le fruit) sur la paroi du carpelle.

Le document suivant présente une clé de détermination des fruits.



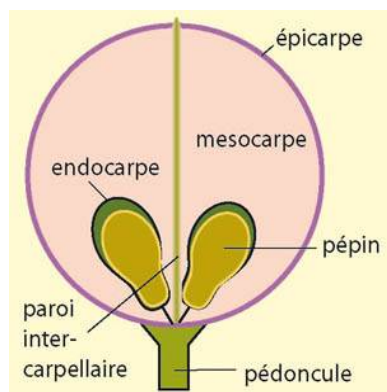
Document 8: Clé de détermination des principaux types de fruits (à connaître).

6

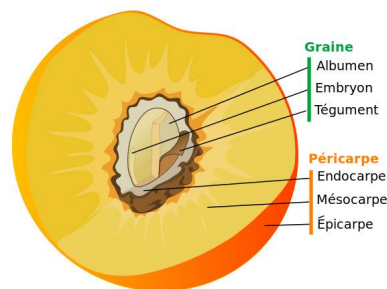
Comment distinguer une graine d'un fruit sec ?

- Un fruit sec contient toujours une graine, et ses parois sont donc un péricarpe (sec) et le tégument de la graine. Une graine n'est protégée que par son tégument
- Un fruit sec comporte généralement les traces des pièces florales : restes d'étamines, cicatrice du pédoncule, stigmate plus ou moins conservé.
- Une graine comporte généralement les traces de son implantation dans le fruit (hile = cicatrice du funicule), et on y distingue souvent les traces de micropyle. Voir partie II.2. pour plus de détails.

Document 9: Structure type d'une baie (exemple du raisin, *Vitis vinifera*, famille des vitacées).



7



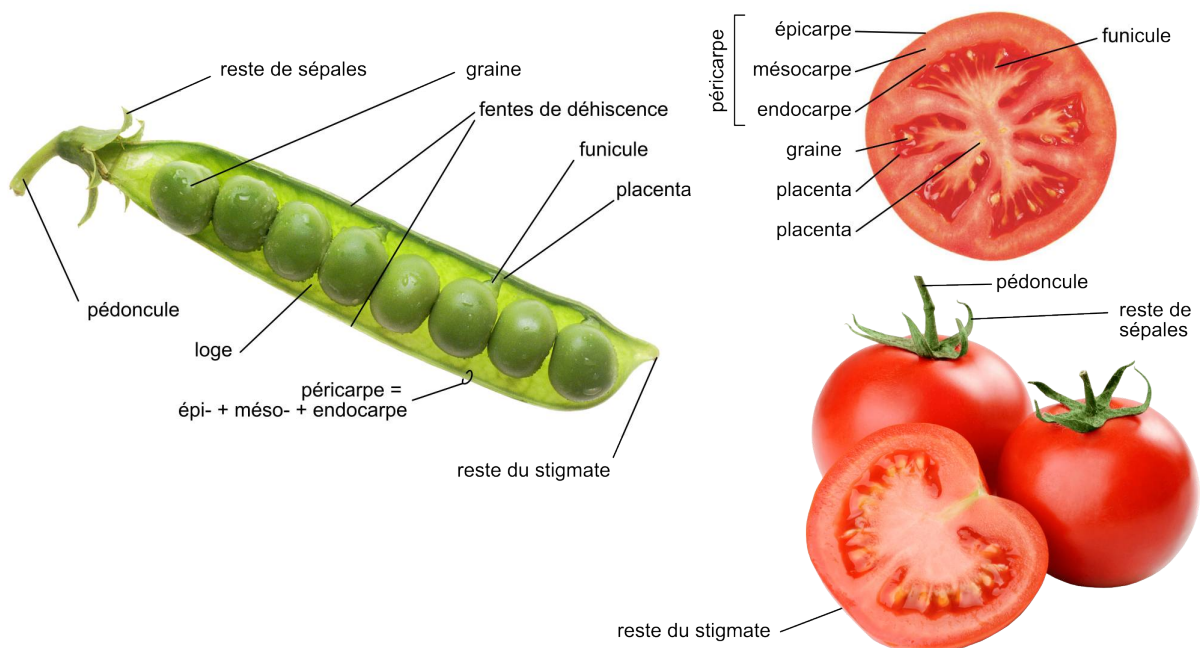
8

Document 10: Structure d'un fruit type (ici, une drupe).

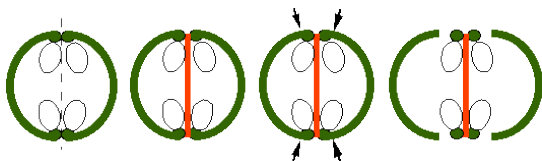
6 Joseph Démaret-Nicolas, *Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris*, s. d., consulté le 29 septembre 2024, <http://josephnicolassvt.fr/>.

7 « Biologie Jussieu ».

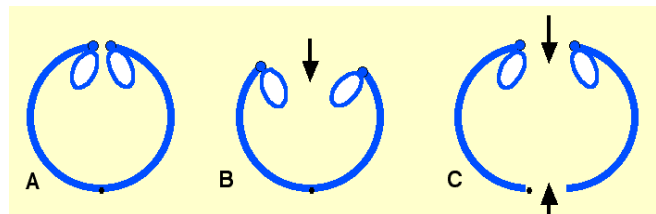
8 « Wikimedia Commons ».



Document 11. Photographies légendées d'une gousse de petit pois (gousse, fruit sec déhiscent à 1 carpelle) et d'une tomate (baie, ici à 5 carpelles irréguliers soudés).



Document 12: De g. à dr. : 1. coupe transversale d'un ovaire à deux carpelles soudés et à placentation pariétale. 2. Coupe transversale d'une silique : présence d'une fausse cloison séparant les deux carpelles. 3. Mode de déhiscence d'une silique. 4. Aspect de la silique après déhiscence. ⁹



Document 13: A. Structure d'une gousse et d'un follicule. B. Mode de déhiscence d'un follicule (une seule déhiscence). C. Mode de déhiscence d'une gousse (deux déhiscences). ¹⁰

Chaque type de fruit est associé à un **mode de dissémination des graines**, qui doit toujours occuper l'esprit lorsqu'on cherche à identifier et présenter la nature d'un organe.

- **L'épizoochorie** est le transport des graines à la surface du corps des animaux, souvent par des akènes, plus rarement des graines, possédant des crochets. Exemple : akène à crochets de la Benoîte transportés par les renards.
- **L'endozoochorie** est le transport des graines dans le tube digestif des animaux. La consommation des fruits est favorisée par la présence d'un péricarpe charnu, coloré, parfumé et sucré. Parfois, l'endocarpe est sclérifié (drupes), ce qui protège la graine de l'action des enzymes digestives. Exemple : polydrupe du Framboisier, baie de la Tomate.
- **L'anémochorie** est le transport des graines par le vent. La plupart du temps, ce sont les akènes qui possèdent des adaptations permettant d'augmenter leur prise au vent. Exemples : akène à aigrette du Pissenlit, samare du Frêne.

Et pour informations (détails hors programme) :

- **La barochorie** est le transport des graine par gravité. Les graines tombent passivement de la plante qui les a produites. Exemple : capsule du Coquelicot.
- **L'autochorie** est l'expulsion active des graines, par des mécanismes variés. Exemples : siliques des

⁹ « Biologie Jussieu ».

¹⁰ « Biologie Jussieu ».

Brassicacées, polyakènes des Géraniacées.

- **La synzoochorie** est le transport des graines par des animaux qui en font des réserves abritées. La mort de l'animal ou l'oubli de la cache peut permettre la germination des graines. Exemple : noisettes, noix, glands transportés par les écureuils.



Document 14: La disamare de l'érable. Il s'agit d'un diakène ailé.



Document 15: Tétrakène en cours de formation chez l'épiaire des marais (Stachys palustris, famille des Lamiacées).

Document 16: Polyakène de la benoîte (Geum, famille des Rosacées). Notez les crochets, qui sont des parties du style transformées au cours de la formation du fruit.



12

13

Document 17: Des akènes à aigrette chez la clématite (Clematis, famille des Renonculacées).



Document 18: Des akènes à aigrette chez le pissenlit (Taraxacum, famille des Renonculacées).



14

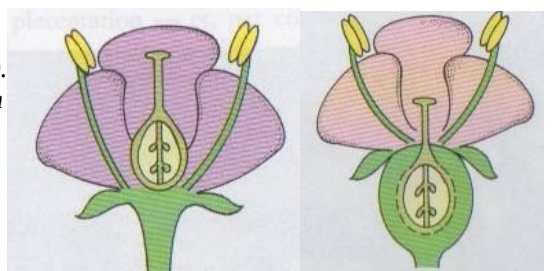
15

b) Faux fruits et convergences évolutives

On appelle **faux fruit** une structure anatomie composite, constituée d'un fruit et d'une autre structure anatomique n'appartenant pas au fruit. Généralement, c'est cette structure anatomique qui participe à la dissémination, alors que c'est habituellement le rôle du fruit.

Parmi les faux fruits, on notera ceux dérivant d'un **ovaire infère**. Dans ce cas, les pièces stériles et les étamines sont implantées **au dessus de l'ovaire**, et le vrai fruit est donc **recouvert d'une paroi surnuméraire**, constituée par un renflement du pédoncule ou du calice. Exemple : banane, courgette.

Document 19: Gauche : structure d'une fleur à ovaire supère, donnant un vrai fruit ; exemple : cerise (Prunus). Droite : structure d'une fleur à ovaire infère, donnant un faux fruit (la paroi n'est pas le péricarpe) ; exemple : la courgette (Cucurbita).



16

Dans certaines cas, le fruit est un akène, et c'est une structure ne faisant pas partie du fruit qui est entièrement responsable de la dissémination, comme chez la fraise ou la noix de cajou.

11 « Wikimedia Commons ».

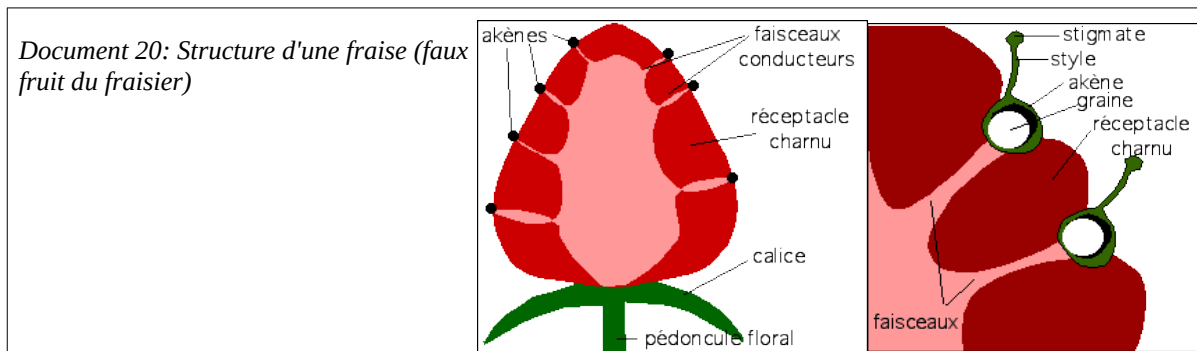
12 « Wikimedia Commons ».

13 « Biologie Jussieu ».

14 « Wikimedia Commons ».

15 « Wikimedia Commons ».

16 Lincoln Taiz et Zeiger EM, *Plant Physiology* (2006).



17

- Analysez les échantillons à votre disposition et présentez les de façon à déterminer la nature de l'organe et son rôle dans la reproduction

2. Structure, diversité et fonction des graines

La graine est formée par **l'évolution de l'ovule** dont l'oosphère a été fécondée.

La graine remplit plusieurs rôles :

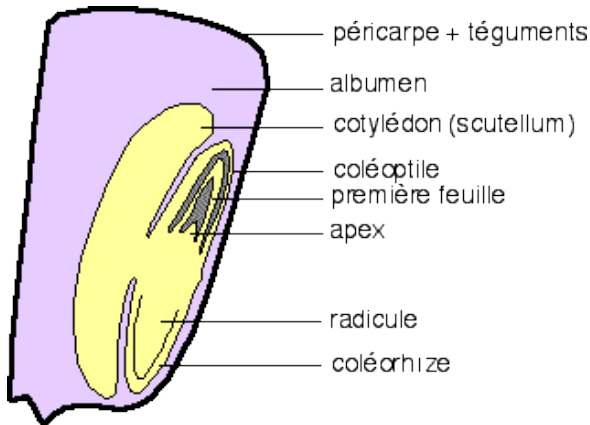
- Elle contient l'**embryon principal**, qui va donner le nouveau sporophyte lors de la germination.
- Elle contient des **réserves**, qui apportent la **matière** et l'**énergie** nécessaires à la germination.
- Elle comporte un **tégument**, qui **protège la graine** du dessèchement et des agressions chimiques (notamment pour les graines ingérées par les animaux).

Il existe une grande diversité des graines, avec notamment :

- Des graines à un ou deux cotylédons (feuilles embryonnaires). Les graines à un cotylédon sont une synapomorphie des Monocotylédones (mais l'inverse n'est pas vrai...).
- Des graines à albumen (albuminées) ou sans albumen (exalbuminées). Chez les graines exalbuminées, l'albumen (issu de la fécondation de la cellule centrale du sac embryonnaire) a dégénéré et les réserves sont généralement contenues dans les cotylédons.

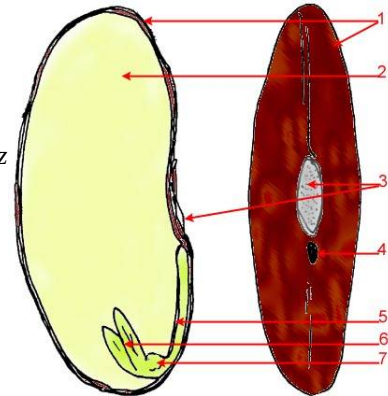
Les réserves des graines sont très diverses (dans les cotylédons ou dans l'albumen selon les espèces).

- Glucides :
 - L'amidon, sans surprise, est la plus courante des réserves. Elle est exploitée sous la forme des différentes farines, notamment chez les Poacées (albumen) mais aussi chez les Fabacées (cotylédons).
 - Certaines espèces disposent de polymères différents, comme l'inuline (polymère de fructose), chez les Astéracées.
- Lipides : les réserves lipidiques sont présentes sous forme de gouttelettes de triglycérides intracellulaires, et sont exploitées sous la forme d'huiles végétales. Elles sont répandues chez de nombreuses familles : olivier (Oléacées), noyer (Juglandacées), colza (Brassicacées), tournesol (Astéracées), palmier (Arécacées), arachide (Fabacées)... Les réserves de lipides sont particulièrement intéressantes, car leur densité énergétique est très élevée. Elles peuvent être mobilisées pour former des glucides, par le cycle du glyoxylate, ce dont les animaux sont incapables.
- Protéines :
 - Les réserves protéiques sont particulièrement courantes chez les Fabacées, chez lesquelles l'azote n'est pas limitant (symbiose fixatrice d'azote avec *Rhizobium*). Certaines graines de fabacées sont plus riches en protéines que la viande, d'où leur utilisation massive en alimentation humaine et animale (pois-chiche et soja, notamment).
 - Chez les Poacées, les réserves protéiques sont notamment présentes dans une couche monostratifiée sous-corticale nommée **couche à aleurone**.



Document 21. Structure d'un caryopse (akène typique des Poacées), ici chez le Maïs.

Document 22. Structure d'une graine de dicotylédone exalbuminée, ici chez le haricot. 1 : tégument ; 2 : cotylédon ; 3 : hile ; 4 : micropyle ; 5 : radicule ; 6 : premières feuilles ; 7 : tigelle.



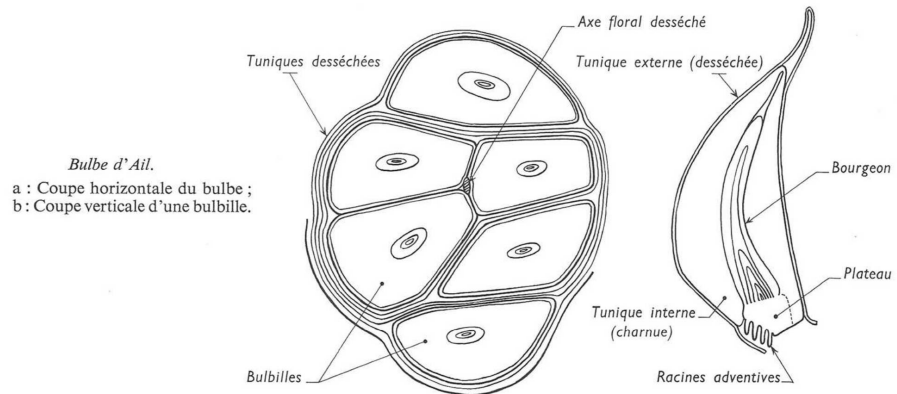
- Analysez les échantillons à votre disposition et présentez les de façon à déterminer la nature de l'organe et son rôle dans la reproduction. NB : vous disposez de lugol de façon à mettre en évidence les réserves amylacées.

III. La reproduction asexuée des Angiospermes

La reproduction asexuée, ou multiplication végétative, fait intervenir des structures spécialisées ou non, avec une grande diversité de modalité. On va ici voir quelques exemples classiques :

- bubilles chez l'Ail (*Allium*, famille des Amaryllidacées)
- tubercules chez la pomme de Terre (*Solanum*, famille des Solanacées) et chez le topinambour (*Helianthus*, famille des Astéracées)
- bouturage chez le Kalanchoé (*Kalanchoe*, famille des Crassulacées)

Document 23. Structure en coupe transversale (gauche) et longitudinale (droite) de bulbilles d'ail, rassemblées en bulbe (« tête » d'ail, à gauche) ou isolée.

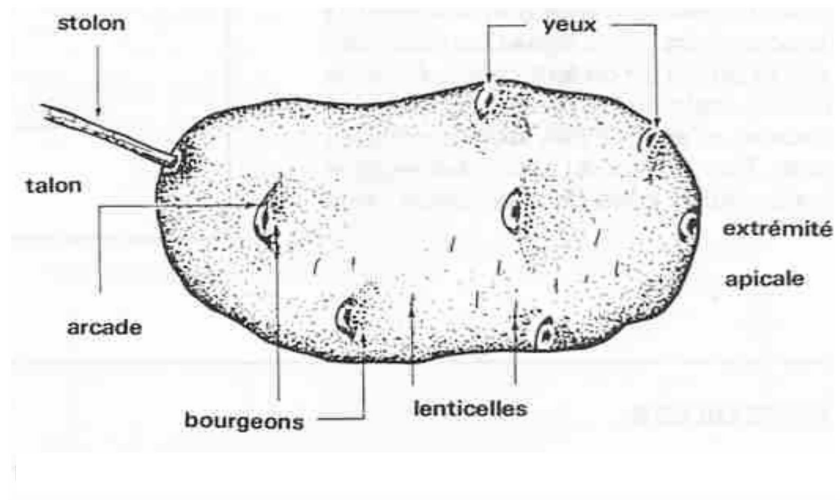


18 « Biologie Jussieu ».

19 « [BIOECO] - Anatomie de la graine de Haricot », consulté le 29 septembre 2024, http://bioeco.free.fr/schemas/biovgt/gra_hari.htm.

20 Pierre Vincent, *SCIENCES NATURELLES. Classes de Sciences expérimentales, Philosophie et Mathématiques élémentaires* (Vuibert, 1964).

Document 24. Structure d'un tubercule de pomme de Terre. Chaque œil est constitué d'un bourgeon (axillaire) et d'une arcade (embryon de feuille).



21

La reproduction asexuée ne sera étudiée que chez les angiospermes. Vous disposez de quelques organes permettant la multiplication végétative. Analysez-les afin de déterminer la nature de l'organe.

- **Analysez les échantillons à votre disposition et présentez les de façon à déterminer la nature de l'organe et son rôle dans la reproduction.** NB : vous disposez de lugol de façon à mettre en évidence les réserves amylacées.