

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1

N° d'ordre :27/D3C/2019

N° de série :ECO.V/2019

Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Département de Biologie et Ecologie végétales.



## Thèse

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE

**Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle**

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : bases biologiques de la production et Biodiversité végétales

**Thème :**

**Biologie florale et diversité pollinique chez certaines Angiospermes  
d'intérêt économique.**

**Présenté par : M<sup>me</sup> BOUSMID AHLEM**

Soutenu le 05 /05 / 2019

**Devant le jury :**

<b>Président:</b>	MERGHEM Rachid	Professeur, UMC 1.
<b>Directeur de thèse :</b>	BENLARIBI Mostefa	Professeur, UMC 1.
<b>Examineurs:</b>	BENAZIZA Abdelaziz	Professeur, Université Mohamed Khider-Biskra.
	BOUDOUR Leila	Professeur, UMC 1.
	BOULACEL Mouad	Maître de conférences A, UMC 1.

**Année Universitaire : 2018/2019**

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Département de Biologie et Ecologie végétales.



## Thèse

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE

**Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle**

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : bases biologiques de la production et Biodiversité végétales

**Thème :**

**Biologie florale et diversité pollinique chez certaines Angiospermes  
d'intérêt économique.**

**Présenté par : M<sup>me</sup> BOUSMID AHLEM**

Soutenu le 05 /05 / 2019

**Devant le jury :**

<b>Président:</b>	MERGHEM Rachid	Professeur, UMC 1.
<b>Directeur de thèse :</b>	BENLARIBI Mostefa	Professeur, UMC 1.
<b>Examineurs:</b>	BENAZIZA Abdelaziz	Professeur, Université Mohamed Khider-Biskra.
	BOUDOUR Leila	Professeur, UMC 1.
	BOULACEL Mouad	Maître de conférences A, UMC 1.

**Année Universitaire : 2018/2019**

## REMERCIEMENTS

*Ce travail a été initié et réalisé au niveau du laboratoire de Développement & Valorisation des Ressources Phytogénétiques, Université Mentouri Constantine 1 sous la responsabilité du Professeur **BENLARJIBI Mostefa**. Je lui exprime mes plus vifs remerciements ainsi que ma profonde gratitude pour avoir proposé, orienté, dirigé ce travail et également pour tous ses conseils lors de la conception et de l'élaboration de cette thèse.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à Monsieur **MERGHÈM Rachid**, Professeur à l'Université Mentouri Constantine1, qui me fait l'honneur de présider le jury.*

*Mes remerciements les plus respectueux s'adressent à Monsieur **BENAZIZA Abdelaziz**, Professeur à l'Université Mohamed Khider de Biskra qui me fait l'honneur de juger ce travail.*

*Je remercie vivement Madame **BOUDOUR Leila**, Professeur à l'Université Mentouri Constantine1, d'avoir accepté de juger ma thèse.*

*Je remercie également Monsieur **BOULACEL Mouad**, Maître de conférences A à l'Université Mentouri Constantine 1 pour son aide, ses encouragements et pour avoir accepté de juger mon travail.*

*Je tiens enfin à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

## **DEDICACES**

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes parents pour leur amour et leur encouragement qu'ils trouvent le témoignage de  
ma profonde affection et gratitude : Ma mère **Leïla** et mon père **Ahsen***

*Aux fleurs de la maison, mes très chères sœurs : **Manel et Choubeïla « Noussa »***

*A ma petite famille : mon mari **Lamine**, ma fille **Bissen** et mon fils **Ayoub***

*A ma grande mère : **Dalila***

*A mes oncles : **Faouzi** et **Moustafa**, à Mes tantes : **Linda** et **Samira***

*A toute la famille.*

*A toutes mes amies.*

# Sommaire

INTRODUCTION.....	1
<b>CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
I- Embranchement des Spermaphytes ou plantes à graines .....	3
1.1- Sous-embranchement des Gymnospermes. ....	3
1.2- Sous-embranchement des Clamydospermes.....	3
1.3- Sous-embranchement des Angiospermes .....	3
1.3.1- Classification .....	6
1.3.1.1- Classification ancienne.....	6
1.3.1.2- Classification APG .....	7
II- L'importance des Angiospermes pour l'homme.....	8
2.1- Les Angiospermes et l'homme.....	8
2.2- Les Angiospermes dans l'alimentation.....	10
2.3- Biologie florale.....	10
2.4- Le cycle des Angiospermes .....	11
2.5- Construction de l'appareil végétatif et reproducteur des Angiospermes.....	12
2.5.1- Construction de l'appareil végétatif.....	12
2.5.1.1- Développement des feuilles, des tiges et des racines.....	12
2.5.1.2- Les catégories de plantes.....	13
2.5.1.2.1- Les plantes annuelles.....	14
2.5.1.2.2- Les plantes bisannuelles.....	15
2.5.1.2.3- Les plantes pérennes et vivaces.....	15
2.5.2- Construction de l'appareil reproducteur.....	16
2.5.2.1- Les inflorescences.....	16
2.5.2.1.1- Les catégories d'inflorescences.....	16
2.5.2.1.2- De l'inflorescence à la fleur.....	18
2.5.2.2- La fleur.....	18
2.5.2.2.1- Théories concernant l'origine de la fleur.....	18
2.5.2.2.2.1- La théorie de l'Ecole Française.....	18
2.5.2.2.2.2- La théorie de la métamorphose.....	19
III- La phase floraison.....	21
3.1- Facteurs responsables du changement méristème végétatif en méristème évoqué .....	23
3.1.1- La perception de la photopériode .....	23
3.1.2- Le rôle de la température.....	23

3.2-	Les types de floraison .....	24
3.3-	Morphologie florale .....	24
3.4-	Répartition des sexes chez les Angiospermes.....	25
3.5-	Représentation de la fleur .....	26
3.6-	Les pièces florales .....	27
	3.6.1- Le réceptacle floral.....	27
	3.6.2- Les sépales.....	28
	3.6.3- Les pétales.....	28
3.7-	Les organes reproducteurs.....	30
	3.7.1- Les organes reproducteurs femelles (les carpelles).....	30
	3.7.2- Les organes reproducteurs mâles (les étamines).....	32
3.8-	Le gamétophyte mâle : le pollen.....	36
	3.8.1- Structure de pollen.....	36
	3.8.2- L'identification des grains de pollen.....	37
	3.8.2.1- La coloration.....	38
	3.8.2.2- La forme.....	38
	3.8.2.3- La taille.....	38
	3.8.2.4- Les ouvertures.....	38
	3.8.2.5- L'ornementation.....	40
	3.8.3- Les caractéristiques du pollen.....	41
	3.8.4- Intérêt du grain de pollen comme modèle d'étude.....	41
3.9-	Le tube pollinique.....	42
	3.9.1- Composantes structurales du tube pollinique.....	43
	3.9.2- Composition de milieu de germination.....	43
3.10-	La conservation des grains de pollen.....	45
3.11-	La banque de pollen.....	45
3.12-	L'obtention d'haploïdes à partir des organes mâles.....	47
	3.12.1- Culture d'anthères.....	47
	3.12.2- Culture de microspores.....	47
3.13-	La palynologie.....	47
3.14-	L'allergie au pollen.....	48
3.15-	Conseils pour se prémunir pendant la saison pollinique .....	48
3.16-	La pollinisation .....	49
	3.16.1- Les étapes de la pollinisation.....	50
	3.16.2- L'incompatibilité génétique .....	51
3.17-	La fécondation .....	51

3.18-	Formation de la graine.....	53
<b>CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES</b>		
1-	Zone d'étude.....	54
2-	Matériel végétal .....	54
2.1-	Méthodes d'étude .....	58
2.1.1-	Collecte des fleurs.....	58
2.1.2-	Réalisation de la dissection florale.....	60
2.1.3-	Extraction des grains de pollen.....	61
2.1.4-	La coloration de masse des grains de pollen .....	61
3-	Observation microscopique des grains de pollen .....	63
4-	L'identification des grains de pollen .....	64
5-	Evaluation de la viabilité du pollen .....	64
5.1-	Coloration d'Alexander.....	65
5.2-	Test de germination in vitro (en milieu solide).....	66
6-	Détermination du pourcentage de germination .....	67
7-	Analyse statistique.....	67
8-	La conservation des grains de pollen .....	67
<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATION</b>		
1-	Intérêts économiques et morphologie florale .....	68
2-	L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen .....	69
3-	Evaluation de la viabilité des grains de pollen .....	164
3.1-	La viabilité des grains de pollen en fonction de la coloration d'Alexander .....	164
3.2-	Test de germination in vitro.....	165
3.3-	Evolution du pouvoir germinatif du pollen conservé .....	165
4-	Analyse statistique.....	167
<b>CONCLUSION.....</b>		169
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>		172
<b>RESUMES.....</b>		183
<b>ANNEXE</b>		

# Introduction

Les Angiospermes sont l'un des deux sous-embranchements (trois si l'on considère les Chlamydospermes) des Spermaphytes les plus évolués, apparus il y a plus de 100 millions d'année. Sur les 300 000 espèces végétales répertoriées, 250 000 seraient des Angiospermes. Elles constituent l'élément végétal dominant dans les forêts de feuillus, les forêts tropicales, les étendues couvertes d'arbustes et les déserts. Elles représentent la quasi-totalité des végétaux cultivés par l'homme, pour leurs grains et leurs fruits (Hartmann *et al.*, 2000).

Traditionnellement les Angiospermes sont divisées en deux grandes classes, selon le nombre de cotylédons portées par l'embryon :

- les Monocotylédones (Poacées, Orchidacées...);
- les Dicotylédones (Fabacées, Lamiacées...).

La phylogénétique moléculaire et l'étude du nombre de pores ou ouvertures sur le grain de pollen, remettent en cause cette division et proposent une nouvelle subdivision : les monoaperturés (ayant un pore) et des triaperturés (ayant trois pores ou davantage) (Millet, 1998).

Ces Angiospermes sont très diverses par la durée de leur cycle de vie, c'est-à-dire de la graine à la graine. Elles sont réparties en trois groupes selon la durée de leur période juvénile. De ce fait leur entrée en période de reproduction diffère d'un groupe à l'autre et même au sein du même groupe (Dupont et Guignard, 2012).

Elles possèdent des fleurs (isolées ou regroupées en inflorescences) colorées ou non, constituées d'élément stériles et d'élément fertiles. Ces fleurs prennent souvent des formes et des couleurs très attrayantes pour certains animaux qui jouent le rôle d'agents pollinisateurs, ce qui accroît les chances de fécondation (Demelon, 1968).

La fleur est donc l'organe reproducteur des Phanérogames. Nous n'étudions ici que la fleur des Angiospermes. Elle est organisée en différents verticilles (cercles, ovales ou spirales sur lesquels les pièces florales sont fixées par rapport à l'axe du pédicelle (dans le cas d'une inflorescence, en plus du pédicelle pour chaque fleur, on trouve un pédoncule qui correspond à l'axe de l'inflorescence transformé en réceptacle (renflement supportant les pièces florales)).

De la périphérie vers le centre nous trouvons : les sépales, les pétales, les étamines puis, au centre, le gynécée qui contient l'ovule, enfermé dans une ou plusieurs loges appelées carpelles. L'ovule n'est pas un gamète mais un ensemble de cellules renfermant le gamète femelle appelé oosphère.

Les différentes pièces florales peuvent être libres ou fixées entre elles, présentes en quantité variable, facilement identifiables ou extrêmement transformées. Elles peuvent ne pas être toutes présentes dans tous les types de fleurs : il existe des plantes à fleurs uniquement mâles (avec absence de gynécée), des plantes à fleurs uniquement femelles (avec absence d'androcée), des plantes à fleurs mâles et femelles séparées, des plantes à fleurs hermaphrodites, des plantes avec des sépales colorés, avec des pétales verts, avec des pétales et/ou des sépales absents, des plantes avec des inflorescences

modifiées où l'on trouve des fleurs avec un pétale vers l'extérieur et des fleurs en tube au centre (marguerite, tournesol...). Il existe donc une grande variété de fleurs chez les Angiospermes (Laberche, 2010).

Le pollen des Angiospermes est composé de deux cellules entourées d'une paroi d'exine. Les ouvertures sont des régions où la paroi est amincie, permettant les échanges entre le pollen et le milieu extérieur, la germination et la formation du tube pollinique et limitant les risques de rupture de la paroi (Ressayre *et al.*, 2002).

Les Angiospermes présentent une très grande diversité dans le nombre et la disposition des ouvertures. On observe deux ensembles morphologiques distincts :

- les pollens de type mono-ouverture qui sont observés chez les Monocotylédones ;
- les pollens de type tri-ouverturé qui sont observés chez les Eudicotylédones (Erdtman, 1952).

Le pollen contribue à la biodiversité :

- par la diversité de sa forme et de son ornementation ;
- par son mode de dispersion : n'étant pas autonome dans sa mobilité, divers agents externes, biologiques ou non, peuvent intervenir pour le transporter ;
- par son rôle reproducteur puisqu'il porte les gamètes mâles et donc le stock génétique avec des caractères qui s'exprimeront ou non dans l'embryon obtenu après la fécondation.

Le présent travail a pour objectif d'étudier la biologie florale et la diversité pollinique chez certaines Angiospermes qui ont un intérêt économique très grand dans le monde et dans notre pays. Il est structuré en trois chapitres :

Le premier chapitre traite de l'état actuel des connaissances sur les Angiospermes en général. Il décrit aussi leurs intérêts économiques, la morphologie des fleurs, puis les principales variations que peuvent présenter ces fleurs, et enfin, l'anatomie des pièces florales. Ensuite l'analyse des phases de la transformation de la fleur en fruit (pollinisation, fécondation, maturation, développement de la graine et les phénomènes morphologiques et anatomiques de la croissance).

Le deuxième chapitre comprend l'expérimentation qui a été réalisée au laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phylogénétiques et les techniques utilisées dans le cadre du sujet qui se rapporte à la biologie florale et la diversité pollinique.

Dans le troisième chapitre sont présentés et discutés les résultats biologiques d'étude d'espèces familières pour l'homme à travers leur utilisation courante.

Le tout est couronné par une conclusion.

## Chapitre I:

## Revue bibliographique

## I - L'embranchement des Spermaphytes (Phanérogames) ou plantes à graines :

Les Spermaphytes (du grec *sperma*, graine et *phuton*, plante) comprennent les végétaux les plus perfectionnés du Règne végétal : les plantes à graines. On les appelle encore Phanérogames (du grec *phaneros*, visible et *gamos*, mariage), les phénomènes de la reproduction se traduisant dans cet embranchement par des structures particulièrement visibles : cônes de Gymnospermes, fleurs des Angiospermes (Guignard, 1982). Donc leurs organes reproducteurs sont visibles, de même que l'opération elle-même.

Les Spermaphytes forment deux sous-embranchements principaux : les Angiospermes et les Gymnospermes, auxquels on adjoint les Chlamydospermes.

### 1.1- Sous-embranchement des Gymnospermes = conifères ou « résineux » :

Les Gymnospermes sont rencontrés fréquemment dans les régions tempérées et sont surtout abondants dans les régions froides et les montagnes où à partir d'une certaine altitude ou ils constituent la flore dominante (Dupont & Guignard, 2004).

Leurs organes sexuels sont groupés en des cônes unisexués soit mâles, soit femelles, mais généralement portés par un même pied (espèces monoïques) (Guignard, 1982).

Ces cônes – en particulier le cône femelle – ont un aspect caractéristique d'où le nom de conifères (du latin *conus*, cône et *fero*, porter) qui est donné aux Gymnospermes types (Dupont & Guignard, 2004).

Les Gymnospermes ont des ovules nus, portés par des écailles planes dites ovulifères ou séminales ; les grains de pollen tombent directement sur le micropyle et germent au sommet du nucelle. Dans la graine le tissu de réserve est représenté par le prothalle femelle ou endosperme, formé avant la fécondation.

### 1.2- Sous-embranchement des Clamydospermes :

Selon Guignard (1983), les Clamydospermes (du grec, *Clamydos*, « enveloppe » et *sperma*, « graine », car leurs organes reproducteurs sont entourés d'une enveloppe) sont isolés dans la flore actuelle et considérés comme des intermédiaires entre les Gymnospermes et les Angiospermes, mais généralement étudiées avec les Gymnospermes. Malgré de nombreux traits communs ils constituent peut-être un groupe artificiel selon certains auteurs.

### 1.3- Sous-embranchement des Angiospermes = plantes à fleurs :

Les Angiospermes ont des ovules qui sont contenus dans une cavité close ou ovaire dont les parois sont formées par une ou plusieurs feuilles sporangifères appelées feuilles carpellaires ou carpelles. La partie supérieure des carpelles se différencie en un stigmate sur lequel tombent et germent les graines de pollen.

Le sous embranchement des Angiospermes (Magnoliophyta) domine très largement la flore terrestre depuis le Crétacé (Robert *et al.*, 1998) tant en nombre d'espèces (250 000 environ, soit 85% des Embryophytes), qu'en diversité de formes, de stratégies ou d'innovations évolutives.

Les Angiospermes sont réparties sur tous les continents et leur succès évolutif est indissociable de l'évolution conjointe des stratégies de pollinisation et de dissémination des semences par les animaux. Les insectes y tiennent une grande place, mais il ne faut pas sous-estimer l'importance de vertébrés (chauve-souris et oiseaux). Surtout dans l'évolution de la flore tropicale (Meyer *et al.*, 2008).

Les Angiospermes (apparues il y a plus de 100 millions d'année) (Campbell & Reece, 2004), groupe réunissant les plantes à fleurs et constituant la forme la plus évoluée du règne végétal. Chez les angiospermes (du grec aggeion, « enveloppe », et sperma, « graine »), les ovules sont enfermés dans un ovaire, contrairement aux gymnospermes, dont les ovules sont nus (Botineau, 2010).

Plusieurs caractéristiques majeures liées à la reproduction sexuée distinguent les Gymnospermes des Angiospermes font de ce dernier sous embranchement le plus évolué des Phanérogames (Bayer *et al.*, 2005) et le différencie du premier par la mise en place de structures reproductrices particulières : les fleurs, les fruits et surtout par la double fécondation.

La reproduction des Angiospermes se fait en trois étapes :

- la production des gamètes qui sont contenus dans des gamétophytes portés par les fleurs ;
- la pollinisation ou arrivée des grains de pollen sur le stigmate ;
- la fécondation qui aboutit à la formation des fruits contenant des graines.

Selon Reynaud (2011), Plus de 90 % des espèces de plantes existantes sont des plantes à fleurs ; elles présentent une grande variété. Elles se sont adaptées à diverses conditions d'environnement en accumulant, par des mutations aléatoires et une sélection naturelle, des allèles qui augmentent la probabilité de survie. Les plantes à fleurs continuent d'être les plus aptes, parmi l'ensemble des végétaux, à produire une descendance dans diverses circonstances environnementales

Les Angiospermes sont le groupe le plus diversifié des plantes terrestres (Bell & Hemsley, 2000). Parmi les grandes familles on y trouve :

- des plantes alimentaires :
  - Poaceae (Poacées) : *Triticum durum* Desf., *Hordeum vulgare* L.
  - Fabaceae (fabacées) : *Vicia faba* L., *Pisum sativum* L.
  - Rosaceae (Rosacées) : *Prunus dulcis* Mill., *Cydonia oblonga* Mill.
  - Solanaceae (Solanacées) : *Solanum lycopersicum* L., *Solanum tuberosum* L.
  - Rutaceae (Rutacées) : *Citrus limon* L., *Citrus sinensis* L.
- des plantes fourragères : *Medicago sativa* L., *Phleum pratense* L., *Lolium perenne* L. ...
- des plantes industrielles : *Helianthus annuus* L., *Brassica napus* L., *Gossypium arboreum* L.
- des plantes médicinales : Labiatae ou Lamiaceae (Labiées ou Lamiacées) : *Rosmarinus officinalis* L., *Tymus serpyllum* L.
- des plantes toxiques : *Nerium oleander* L., *Solanum nigrum* L.

D'apparition relativement récente, ces plantes intègrent tous les progrès évolutifs acquis par les groupes précédents, c'est-à-dire tous les changements progressifs permettant une meilleure adaptation au milieu terrestre (tableau I). Elles se distinguent principalement par trois caractères fondamentaux qui leur sont propres (Boullard, 1988) :

- tous d'abord elles réalisent une protection accrue de la descendance par enfermement de l'ovule dans l'ovaire, ce qui assure, après fécondation, la protection de la graine dans le fruit.
- le phénomène de la double fécondation est, dans ce groupe, pleinement effectif, avec production d'un embryon et d'un tissu de réserve utilisé au démarrage de la plantule.
- les organes reproducteurs sont regroupés en une structure hautement spécialisée : la fleur.

Bien sûr d'autres caractères différencient encore les Angiospermes des groupes précédents, comme par exemple la germination du pollen sur le stigmate.

**Tableau I :** Position des Angiospermes par rapport aux autres organismes (Botineau, 2010).

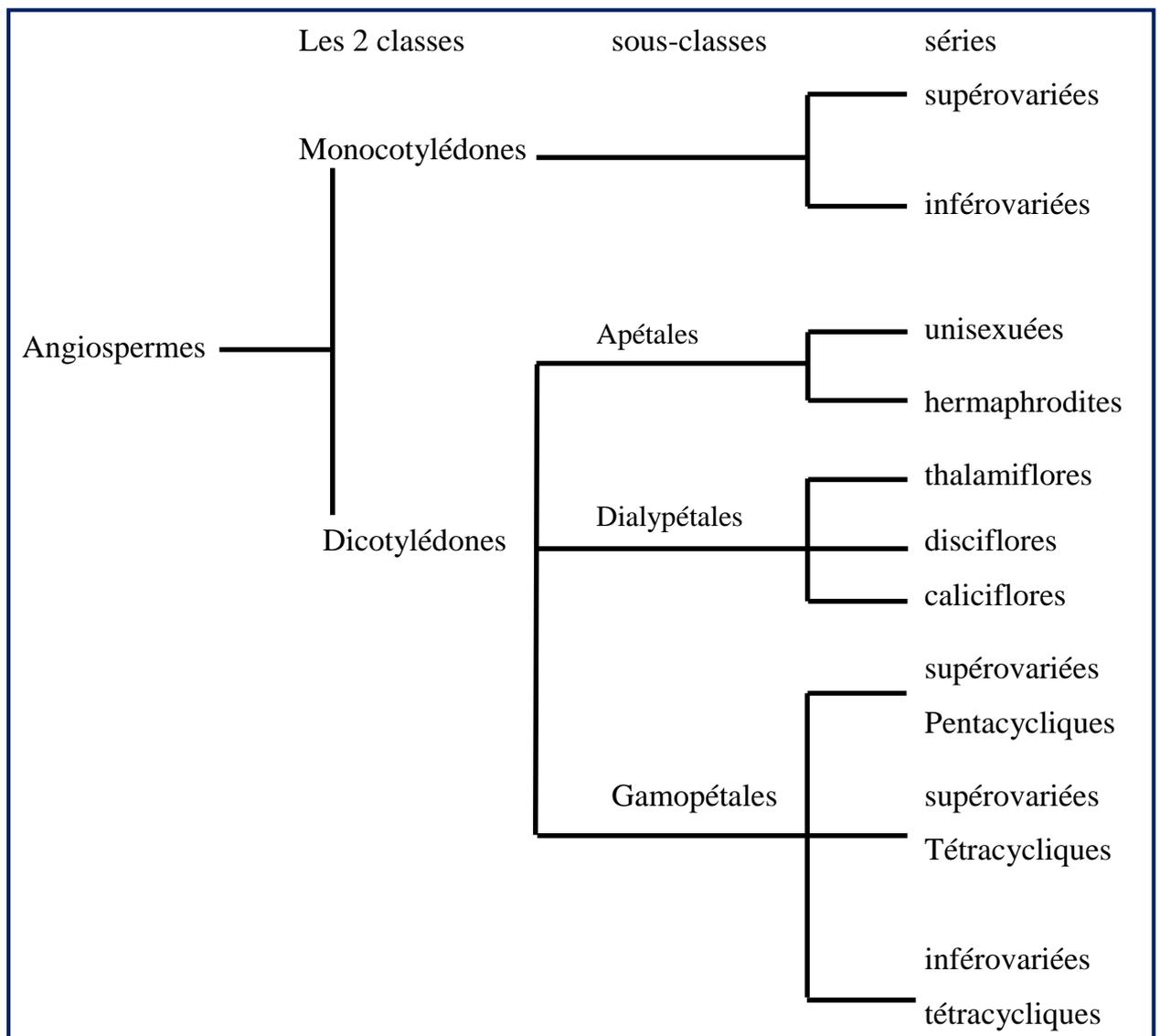
Procarvottes	Archéobactéries	Cryptogames		Phanérogames			
	Eubactéries	Non vasculaires		Vasculaires			
Eucaryotes	Phycophytes ou Algues	Thallophytes	Bryophytes	Prépermaphytes	Gymnospermes		
	Mycophytes ou champignons					Périodophytes	Chlamydospermes ou Gnétophytes
	Lichens						
	Cormophytes ou Embryophytes ou Archégoniates	Rhizophytes ou Trachéophytes	Monocotylédones Et Dicotylédones				

### 1.3.1- Classification :

L'étude systématique des Angiospermes fait appel entre autres à des caractères qui se rapportent à toutes les parties de la plante : anatomie interne et morphologie externe, aussi bien des organes végétatif que de l'appareil reproducteur.

#### 1.3.1.1- Classification ancienne :

L'ancien système, mis au point surtout à partir des travaux d'Antoine-Laurent de Jussieu, se voulait une classification naturelle, c'est-à-dire essayant de refléter la filiation des groupes. Il a été complété et amélioré régulièrement grâce à la contribution de très nombreux auteurs, notamment Bentham et Hooker au dix-neuvième siècle (Judd *et al.*, 2002). Ce système basé essentiellement sur la morphologie florale, à laquelle se sont ajoutés ensuite des critères chimiques, caryologiques, polliniques...reste cependant artificiel car il effectue des regroupements basés sur des ressemblances entre les espèces pour les regrouper au sein de « boîtes » appelées genres, familles, ordres et classes (figure 1).



**Fig.1-** Classification morphologique classique (Reynaud, 2011).

**1.3.1.2- Classification APG :**

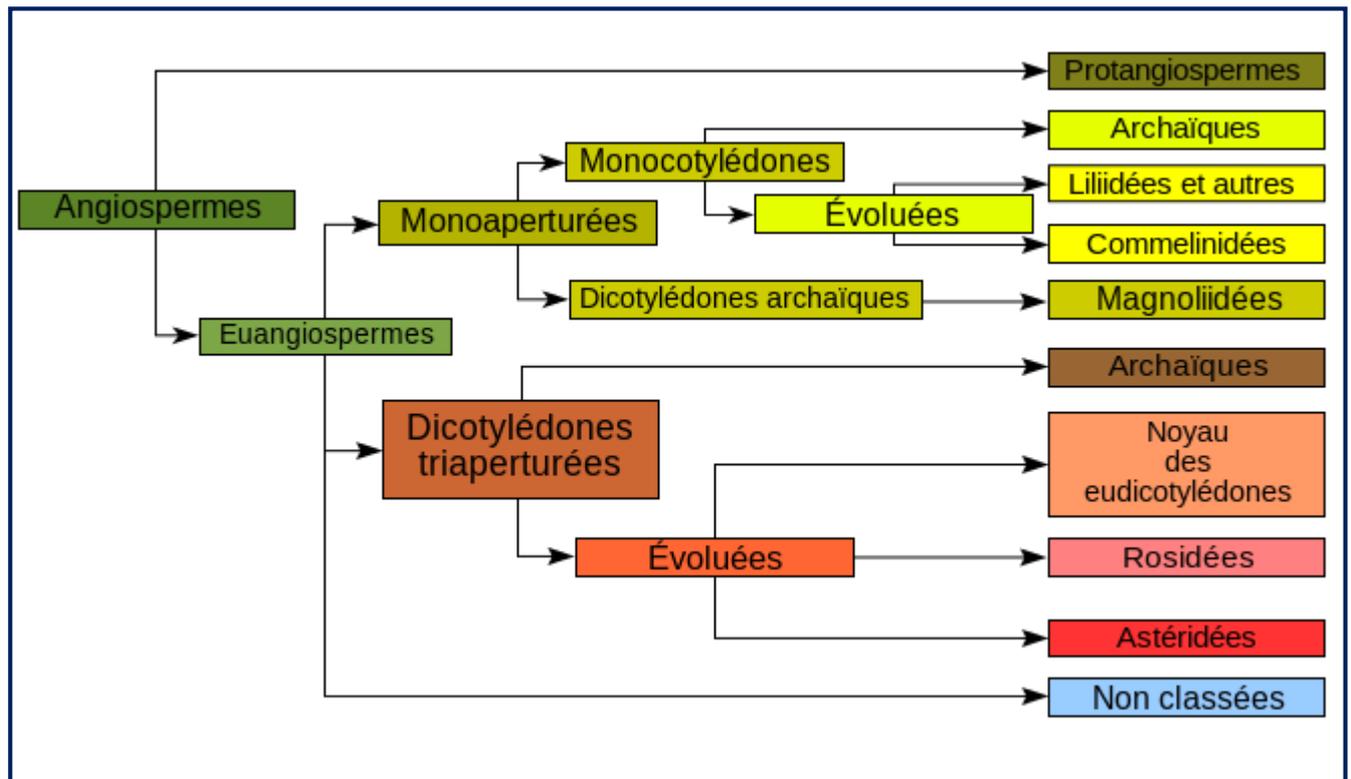
L'Angiosperm Phylogeny Group (en abrégé **APG**), association américaine de botanistes de tous pays ayant pour ambition d'étudier les végétaux sous l'angle phylogénétique, s'est donné pour but de classer le groupe végétal le plus important, les Angiospermes.

En 1998, l'Angiosperm Phylogeny Group a fait paraître la première classification phylogénétique des plantes à fleurs appelée " *Classification phylogénétique APG*".

En 2003, un correctif était apporté à cette dernière sous la terminologie "APG II".

En 2009, une troisième version a vu le jour sous la terminologie "APG III". Elle est une modification de la classification phylogénétique APG II (2003). Comme la classification phylogénétique APG (1998) et la classification phylogénétique APG II (2003), cette classification est construite sur la base de deux gènes chloroplastiques et un gène nucléaire de ribosome, mais ces données sont complétées dans quelques cas par d'autres informations (Magnin, 2004).

Le nombre d'aperture du grain de pollen est un des critères fondamentaux de partage des Angiospermes en deux groupes. Il existe une seule aperture chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones archaïques et deux apertures (parfois plus) chez les Eucotylédones (figure 2).



**Fig.2-** Cladogramme des Angiospermes selon APG III, 2009.

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Angiospermes\\_arbre.svg/658px-Angiospermes\\_arbre.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Angiospermes_arbre.svg/658px-Angiospermes_arbre.svg.png)).

En 2016, la quatrième version a été publiée sous la terminologie "APG IV".

Les classifications phylogénétiques, ont pour objectif de retracer les degrés de parenté entre les différentes espèces. Autrement dit, elles essaient de retrouver tous les descendants d'un ancêtre unique et de les rassembler. Cela signifie que tous les membres d'une « boîte », que ce soit un genre ou une famille, doivent idéalement avoir le même ancêtre.

Pour atteindre ce but, on utilise non seulement les caractères visibles, mais aussi les séquences d'ADN et d'ARN présents dans les cellules des plantes (Krook, 2015).

C'est sur la base de APG IV que seront désormais rédigées des fiches et éventuellement modifiées les fiches passées impactées par des changements éventuels dans leur taxinomie (les détails en annexe A).

## II- L'importance des Angiospermes pour l'homme :

Les plantes à fleurs et l'homme ont une très longue histoire commune. Depuis longtemps, l'homme a utilisé les végétaux dans tous les domaines de sa vie. Que ce soit pour se nourrir, se vêtir, s'abriter, se soigner, il a toujours eu recours au monde végétal (Gallais & Bannerot, 1992).

### 2.1- Les Angiospermes et l'homme :

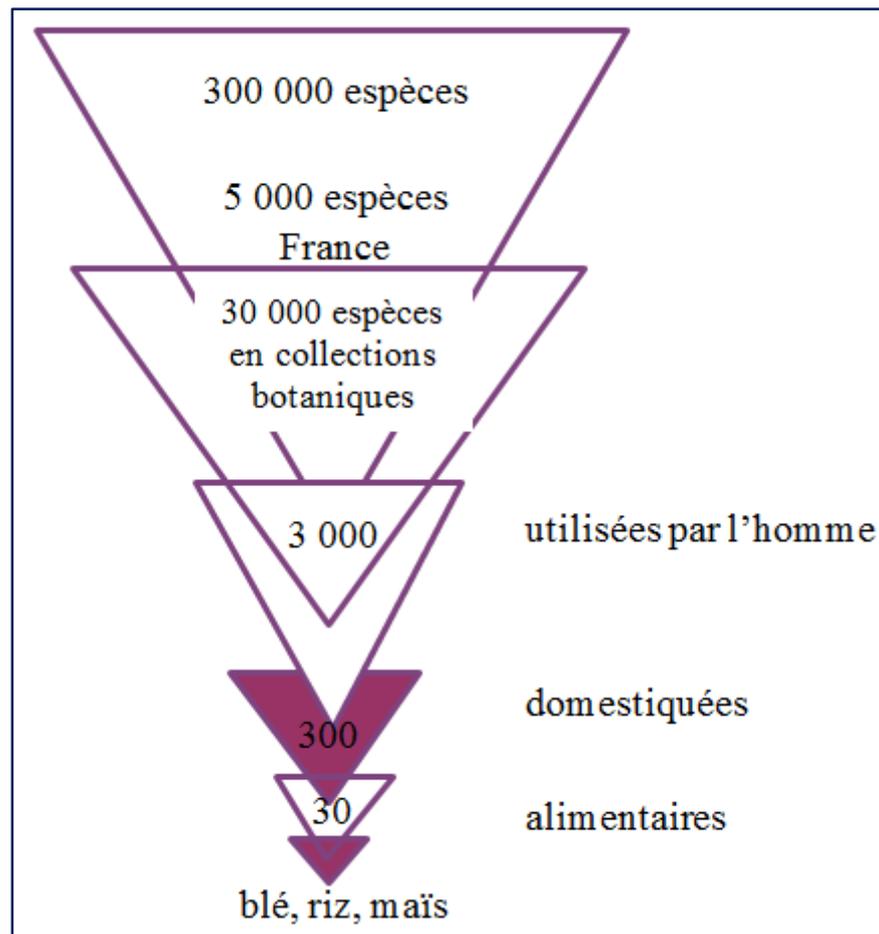
D'après Ducreux (2002), les 250 000 à 300 000 espèces d'angiospermes représentent à elles seules plus de la moitié des espèces eucaryotes végétales. Il existe donc parmi les Angiospermes une très grande diversité génétique et l'une des conséquences est leur capacité à coloniser tous les milieux. S'il est clair que les Angiospermes ont une prédilection pour les écosystèmes terrestres, les plus représentatifs d'entre-eux étant les formations forestières ; elles sont également capables de s'adapter aux biotopes aquatiques et à des conditions environnementales très contraignantes : montagnes, zones subdésertiques, sols salées.... le même auteur donne dans le tableau II suivant le nombre d'espèces des groupes taxonomiques de plantes.

**Tableau II :** Nombre d'espèces végétales identifiées et estimées (Ducreux, 2002).

Groupe taxonomique (plantes)	Nombre d'espèces	
	Identifiées	Estimées
Bryophytes	2500	50 000
Ptéridophytes	12 000	-
Gymnospermes	700	-
Angiospermes	240 000	250 000 - 300 000

Pour simplifier et en partant d'un total de 300 000 espèces à l'échelle mondiale (la flore de France comprend moins de 5 000 espèces) le même auteur avance que de 25 000 à 30 000 d'entre-elles sont protégées ou conservées dans des jardins ou réserves botaniques, 3 000 sont utilisées à différents titres : alimentaire, domestique, industriel. Parmi celles-ci, 300 peuvent être considérées comme domestiquées ou améliorées.

Si on se limite aux plantes les plus utilisées pour la nourriture, se chiffre se réduit à une trentaine seulement (figure 3). Enfin, il convient de rappeler que l'alimentation de base repose principalement sur les céréales.



**Fig.3-** Nombre d'espèces d'Angiospermes représentées et utilisées par l'homme par rapport au nombre d'espèces sauvages estimées (Ducreux, 2002).

Les 30 espèces alimentaires sont ventilées déjà comme suit par Sasson (1986) qui propose 29 seulement :

- 8 espèces de céréales (riz, blé, maïs, sorgho, orge, mil, triticale) produisant 52 % des bilocalories totales.
- 7 espèces de légumineuses (arachide, pois-chiche, pois, soja, fève, haricot et pois d'Angole).
- 7 espèces de plantes oléagineuses (tournesol, colza, olivier, palmier à huile)...

- 3 espèces de plantes à tubercules (pomme de terre, patate douce, manioc).
- 2 espèces de plantes sucrières (canne à sucre, betterave sucrière).
- 2 espèces d'arbres fruitiers (bananier, cocotier).

### **2.2- Les Angiospermes dans l'alimentation :**

De très nombreuses plantes sont consommées telles quelles, crues ou cuites. D'autres sont transformées. La plante entière peut quelquefois être consommée mais le plus souvent seule une partie est comestible.

- Ce peut être le feuillage, comme c'est le cas pour de très nombreuses espèces de salades, les choux, etc.
- Très souvent se sont les fruits, et de très nombreux arbres fruitiers ont été sélectionnés et cultivés au cours des siècles exemple de courges, courgettes, tomates, aubergines sont, botaniquement, des fruits.
- La racine gorgée de réserves peut être consommée : carotte.
- C'est parfois la tige souterraine tubérisée (hypertrophiées) qui entre dans l'alimentation, comme dans le cas de la pomme de terre.
- La consommation des fleurs est anecdotique.

Dans certains cas, on n'utilise qu'une partie de la fleur ; le safran, par exemple correspond aux stigmates d'une espèce de *Crocus* (Heller, 1984).

Depuis les débuts de l'agriculture, l'homme a toujours essayé de sélectionner, au sein des espèces qu'il consomme, les individus qui ont le meilleur rendement, le meilleur goût, pour les multiplier. C'est le principe de la sélection artificielle.

Depuis quelques années on peut, par manipulations génétiques, obtenir des organismes génétiquement modifiés (OGM) intégrant des capacités chimiques ou biologiques appartenant à des espèces, des genres, voire des règnes différents (Jean *et al.*, 2012).

### **2.3- Biologie florale :**

Il n'existe pas d'appareil végétatif type chez les Angiospermes. Toutes les formes et toutes les tailles sont rencontrées. Les plus petites appartiennent à l'espèce *Wolffia arrhiza* (*Wolffia* sans racine famille des lemnacées). Ce sont des plantes aquatiques, flottantes, dont la taille est inférieure à un millimètre. Les plus grandes atteignent quatre-vingt-dix à cent mètres de hauteur. Ce sont des eucalyptus d'Australie (famille des Myrtacées) (Reynaud, 2011).

Les Angiospermes peuvent être entièrement herbacées ; certaines espèces poussent en milieu aquatique. Elles sont soit flottantes, soit ancrées dans le fond du plan d'eau avec une partie de leur appareil végétatif immergée et une partie flottante. Certaines espèces sont totalement émergées.

La plupart des espèces vivent en milieu émergé et on les rencontre sous tous les climats, même dans les déserts les plus chauds et les plus arides. C'est le cas de nombreuses « plantes grasses » appartenant à plusieurs familles botaniques dans la plus connue est la famille des Cactacées.

C'est dans la forêt équatoriale située dans les régions chaudes et humides de la zone intertropicale qu'on observe la plus grande diversité spécifique et la plus forte densité végétale (Heller, 1977).

#### 2.4- Le cycle des Angiospermes :

Le cycle biologique d'une Angiosperme hermaphrodite est caractérisé par la succession de deux générations et deux phases nucléaires : le sporophyte diploïde, qui est la plante feuillée représentant l'espèce, et les gamétophytes haploïdes, réduits à quelques cellules (Meyer *et al.*, 2008) (figure 4).

Le cycle est donc digénétique haplo-diplo-phasique hétéromorphe à diplophase largement dominante.

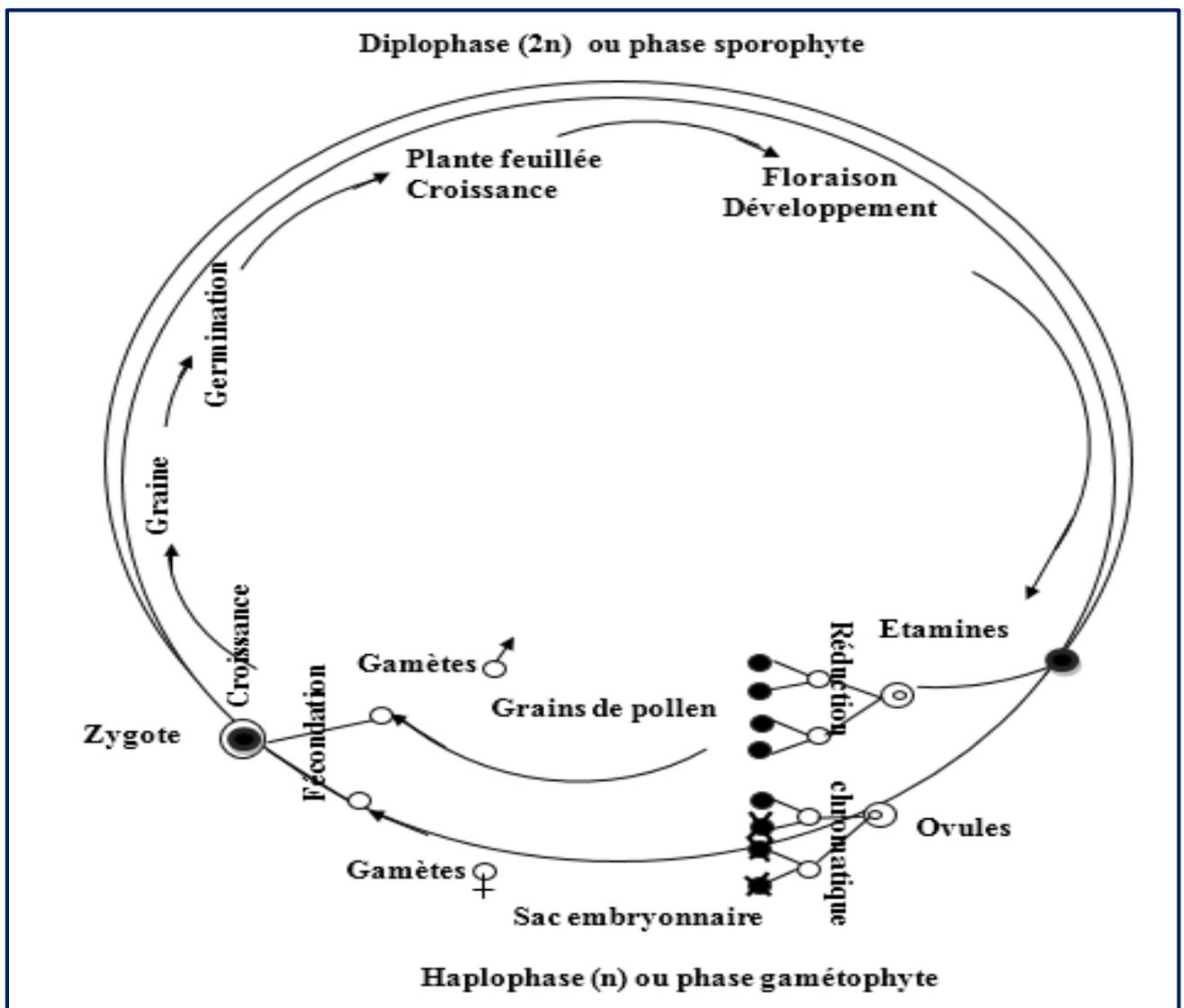


Fig.4- Cycle biologique d'une Angiosperme hermaphrodite (Benlaribi, 2000).

## 2.5- Construction de l'appareil végétatif et reproducteur des Angiospermes :

Quand les plantes à fleur commencent à se développer, les divisions asymétriques et les interactions cellulaires interviennent dans la construction de l'organisme. Progressivement, il y a mise en place des méristèmes apicaux caulinaire et racinaire qui seront à l'origine de tous les organes de la plante\_ tige, feuilles, fleurs et racines. Le méristème de la tige donne naissance à des feuilles dont la position est bien définie, à cause du phénomène d'inhibition latérale (Ducreux, 2002).

La plante passe obligatoirement durant sa vie par une période juvénile ou période végétative par la mise en place de ses organes, depuis l'embryon jusqu'à la phase préflorale, c'est ce qu'on appelle la croissance ou construction de l'appareil végétatif.

### 2.5.1- Construction de l'appareil végétatif :

Les angiospermes sont des végétaux vasculaires, c'est-à-dire pourvus de vaisseaux conducteurs de sève. Leur appareil végétatif comporte des racines, des tiges et des feuilles. Ce sont des plantes d'aspect très variable.

#### - La racine :

C'est un organe qui est le plus souvent souterrain. Il est dépourvu de chlorophylle et se présente à peu près dans la forme cylindrique assurant les fonctions suivantes (Ozenda, 2006) :

- La fixation de la plante à son substrat.
- L'absorption de l'eau et des substances nutritives.
- La mise en réserve de certains composés organiques.
- Le rejet de déchets dans le milieu de vie.

Une racine comprend quatre régions caractéristiques de l'apex au collet.

- Une coiffe : manchon de cellules parenchymateuses vivantes recouvrant l'apex racinaire. Elle protège la zone méristématique et constitue le site de perception de la gravité ;
- Une zone d'élongation ;
- Une zone pilifère (zone de différenciation) pourvue de poils absorbants ;
- Une zone subéreuse plus ou moins rugueuse et foncée ;
- Une zone de ramification : à quelques centimètres de l'apex racinaire ;
- Une zone d'épaississement secondaire.

#### - La tige :

La tige est un organe le plus souvent aérien dont le développement et la ramification déterminent le "port" ou la physionomie de la plante. Elle est constituée de nœuds (niveaux d'insertions des feuilles) séparés par des entrenœuds et de ramification.

La tige et les rameaux se terminent par des bourgeons. Les rameaux naissent à partir de bourgeons axillaires, c'est à dire situés à l'aisselle des feuilles. Ils présentent une structure analogue à celle des bourgeons terminaux (ensemble d'entre nœuds très courts et de très jeunes feuilles qui constituent une sorte de capuchon protecteur pour le méristème apical) (Laberche, 2010).

- **Les feuilles :**

Les feuilles sont des organes aplatis qui sont le siège de la photosynthèse et de la transpiration. Elles sont caractérisées par leur croissance limitée et comprennent typiquement trois parties (Duhoux & Nicole, 2004) :

- Le limbe : lame aplatie et pourvue de nervures ;
- Le pétiole : plus ou moins cylindrique, reliant le limbe à la tige ;
- La gaine : dilatation du pétiole, embrassant plus ou moins la tige au niveau du nœud.

On reconnaît typiquement un bourgeon axillaire à l'aisselle de chaque feuille.

**2.5.1.1- Développement des feuilles, des tiges et des racines :**

Les futurs organes de la plante comme les feuilles, les tiges et les racines prennent leur origine dans la zone de croissance active, caractérisée par une division cellulaire intense au niveau des méristèmes apicaux. Le stade ultime de cette activité méristématique est l'initiation des primordia de feuilles et des autres organes qui sont les ébauches (Meyer *et al.*, 2008).

On appelle plastochrone l'intervalle de temps séparant l'initiation successive des primordia.

Le plastochrone varie entre espèces et sous l'effet des facteurs et conditions de milieu. Mais pour une courte période et un environnement peu changeant (faibles variations de température et d'éclairement), on peut considérer que le plastochrone reste relativement constant.

Sauf avortement éventuel, chaque primordium donnera naissance à un futur organe. Dans le cas des feuilles, l'intervalle de temps séparant l'apparition successive et l'émergence des feuilles est appelée phyllochrone. En l'absence de limitation à la croissance et au développement des plantes, on considère que le phyllochrone reste constant (Marouf & Reynaud, 2007).

Les principaux facteurs du milieu qui agissent sur l'initiation et l'apparition des feuilles sont la température et l'intensité de l'éclairement.

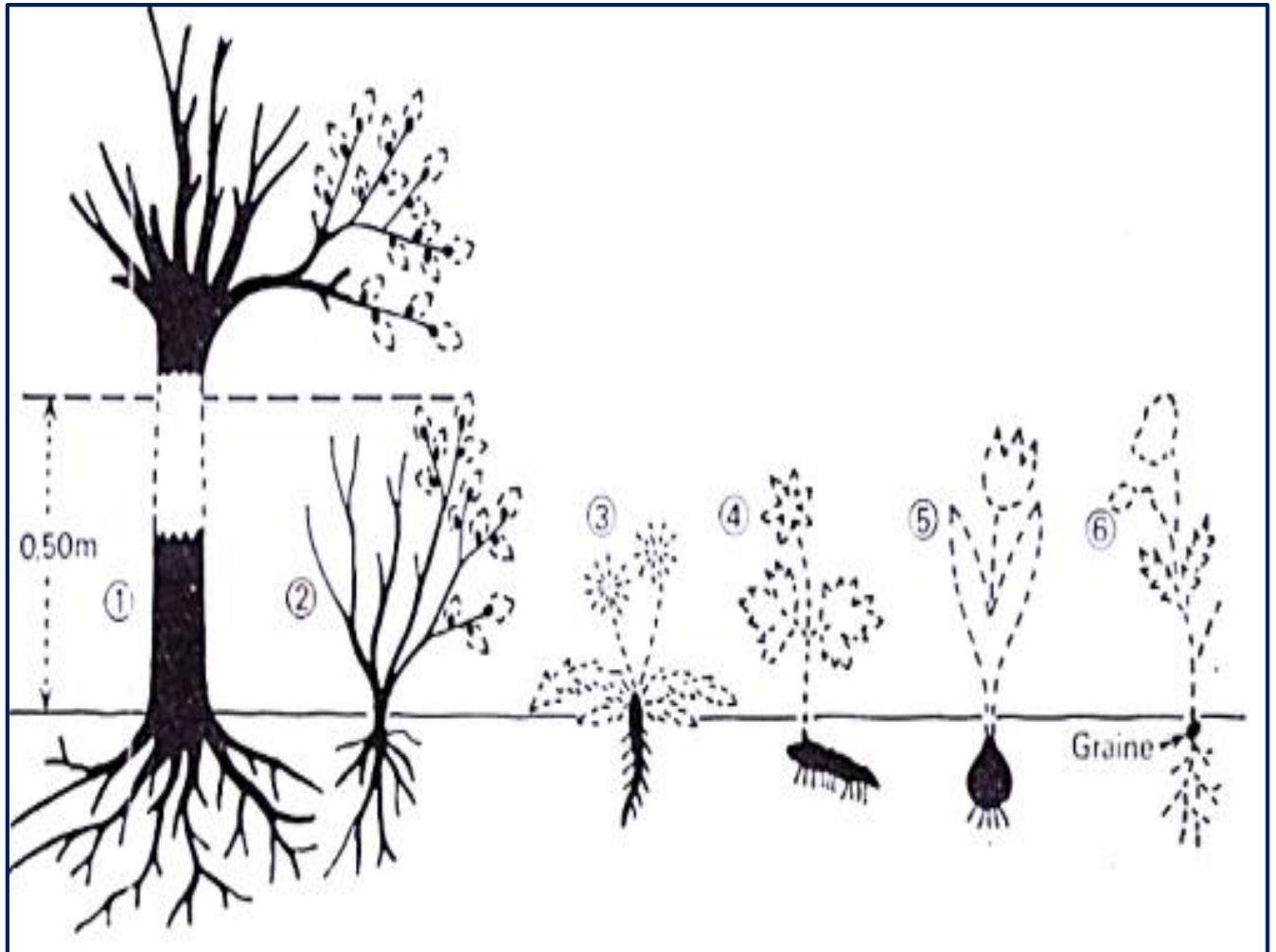
Il existe un parallélisme entre le rythme d'apparition des feuilles et des tiges et le rythme d'apparition des autres organes. On a pu montrer, en particulier, chez l'orge et le blé qu'à la dynamique de tallage (production de tiges) ou ramification correspond une dynamique souterraine de branchage et de ramification du système racinaire adventif (Benlaribi, 1990).

**2.5.1.2- Les catégories de plantes :**

A ce niveau d'organisation tous les végétaux paraissent être semblables et passent par les mêmes étapes : croissance par module (Ducreux, 2002). Cependant, la durée de la période juvénile accuse une

variabilité très grande allant d'une espèce à l'autre. Sur cette base les végétaux sont compartimentés en trois grandes catégories.

Ces trois catégories de plantes forment les principaux types biologiques selon Guignard (1983) (figure 5).



**Fig.5-** Principales catégories de plantes. En noir, la plante dans son état hivernal, en tiret la plante en période estivale. Les types 1 à 5 correspondent à des plantes vivaces. Le type 6 est celui de plantes annuelles ; arbre en 1, sous-arbrisseaux en 2. Les types 3, 4 et 5 comprennent des plantes vivaces (à la limite, bisannuelles), plante à rhizome en 4, à bulbes en 5 (Guignard, 1983).

#### 2.5.1.2.1- Les plantes annuelles :

Ce sont les plantes qui accomplissent leur cycle de vie complet, de la graine à la graine, en moins d'une année. Ces plantes traversent une courte période juvénile au cours de laquelle elles ne produisent que la biomasse verte préparant ainsi la période de reproduction. Chez ces plantes la transition florale arrive très rapidement. Sa durée varie selon les espèces de quelques jours à quelques semaines et peut même durer pendant plusieurs mois (céréales à paille).

La production de diaspores ou graines à très faible taux d'humidité permet leur dissémination et la survie de l'espèce et des variétés (Ducreux, 2002).

### 2.5.1.2.2- Les plantes bisannuelles :

C'est la catégorie de plantes qui, naturellement, ont besoin de deux années successives pour effectuer leur cycle de vie complet. Au cours de leur première année ou phase juvénile, elles accumulent des réserves dans leurs racines ou feuilles transformées (métamorphosées) tel l'oignon.

La transition florale est initiée au cours de la deuxième année après une courte période végétative. Se développent alors les axes florifères portant des inflorescences (Apiacées, Liliacées) (Morot-Gaudry & Prat, 2012).

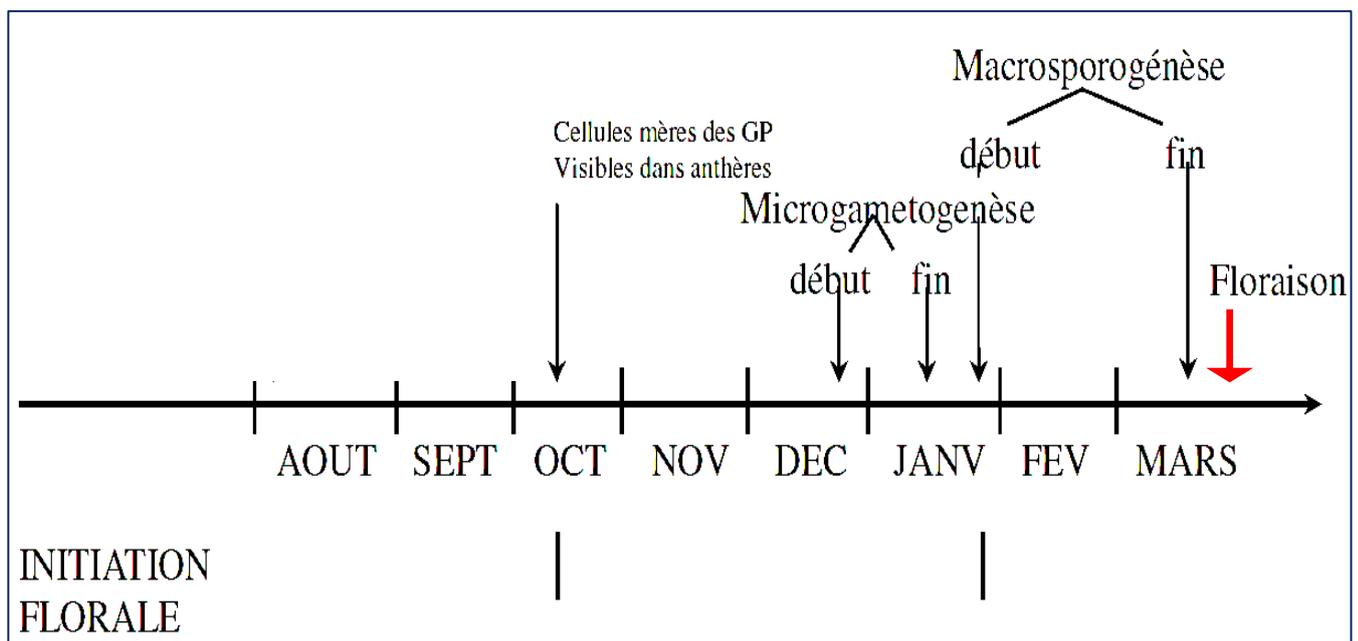
### 2.5.1.2.3- Les plantes pérennes et vivaces :

Selon (Morot-Gaudry & Prat, 2012), elles vivent de nombreuses années. Cette catégorie de plantes peut être scindée de deux sous-catégories :

#### - Les plantes pérennes :

La plus grande majorité de la première sous-catégorie sont des arbres, des arbustes et des arbrisseaux qui traversent une période juvénile relativement longue dépassant de toute évidence et naturellement trois années. Cette période de maturité à la floraison peut dépasser sept ans chez l'espèce *Phoenix dactylifera* L.

Chez ces plantes une fois la transition florale initiée, la floraison se réalise de manière rythmique annuellement à la même époque (exemple du pêcher qui fleurit au mois de mars, figure 6).



**Fig.6-** Développement du bourgeon floral du pêcher au cours du cycle annuel, d'après Monet (1983).

#### - Les plantes vivaces :

Cette deuxième sous-catégorie regroupe les plantes vivaces qui perdent toute leur partie aérienne après floraison et fructification telles que *Cynara scolymus*, *fragaria vesca*, *Phragmites australis*.... Ces plantes conservent une partie de leur appareil végétatif sous forme de rhizome.

Le record de longévité est détenu par un pin de la Sierra Nevada de Californie, qui dépasse 4000 ans. À l'inverse, des plantes herbacées du Sahara, appelées éphémérophytes, germent, fleurissent, fructifient et meurent en quelques jours.

### **2.5.2- Construction de l'appareil reproducteur :**

L'appareil reproducteur est une inflorescence ce qui, à la limite, est composée d'une seule fleur.

#### **2.5.2.1- Les inflorescences :**

Une inflorescence désigne à la fois l'ensemble des fleurs et des bractées d'une plante et la disposition de celles-ci sur la tige (Bottin, 2012). Une inflorescence simple est constituée d'un axe principal d'où partent, à l'aisselle des bractées, des pédoncules secondaires qui se terminent chacun par une fleur (Ozenda, 2000).

#### **5.2.1.1- Les catégories d'inflorescences :**

Il existe une très grande diversité des plans d'organisation des inflorescences et l'on peut définir des catégories très variées d'inflorescences selon leurs types de développement (Robert et *al.*, 1998), ce sont les :

- **Inflorescences indéfinies racemeuses ou monopodiales** à croissance illimitée, chez lesquelles les fleurs successives résultent du développement de bourgeons axillaires échelonnés sur un axe inflorescenciel élaboré par un bourgeon terminal (Bottin, 2012).

Les fleurs les plus âgées se trouvent à la base de l'axe, les plus jeunes se trouvent près du sommet (Ozenda, 2000).

- **Inflorescences définies, cymeuses ou sympodiales** à croissance limitée, chez lesquelles la première fleur apparue résulte de la transformation du bourgeon terminal lui-même ; les nouvelles fleurs résultent de l'évolution successive de bourgeons axillaires préexistants (Bottin, 2012).

Dans ce groupe d'inflorescence l'ordre d'épanouissement des fleurs est l'inverse du précédent : l'axe principal se termine par une fleur qui s'ouvre la première, suivie des fleurs latérales et enfin des fleurs périphériques (Ozenda, 2000).

- **Inflorescences composées :**

Ce sont les plus fréquentes. Elles sont la superposition, dans une inflorescence, de deux des types simples précédents.

On pourra rencontrer :

- des grappes composées (grappes de grappes),
- des épis d'épis ou épis d'épillets (ex. Blé),
- des ombelles d'ombelles (nombreuses Apiacées).
- thyse : grappe de cymes (ex. Vigne).

La figure 7 donne le schéma des principaux types d'inflorescences.

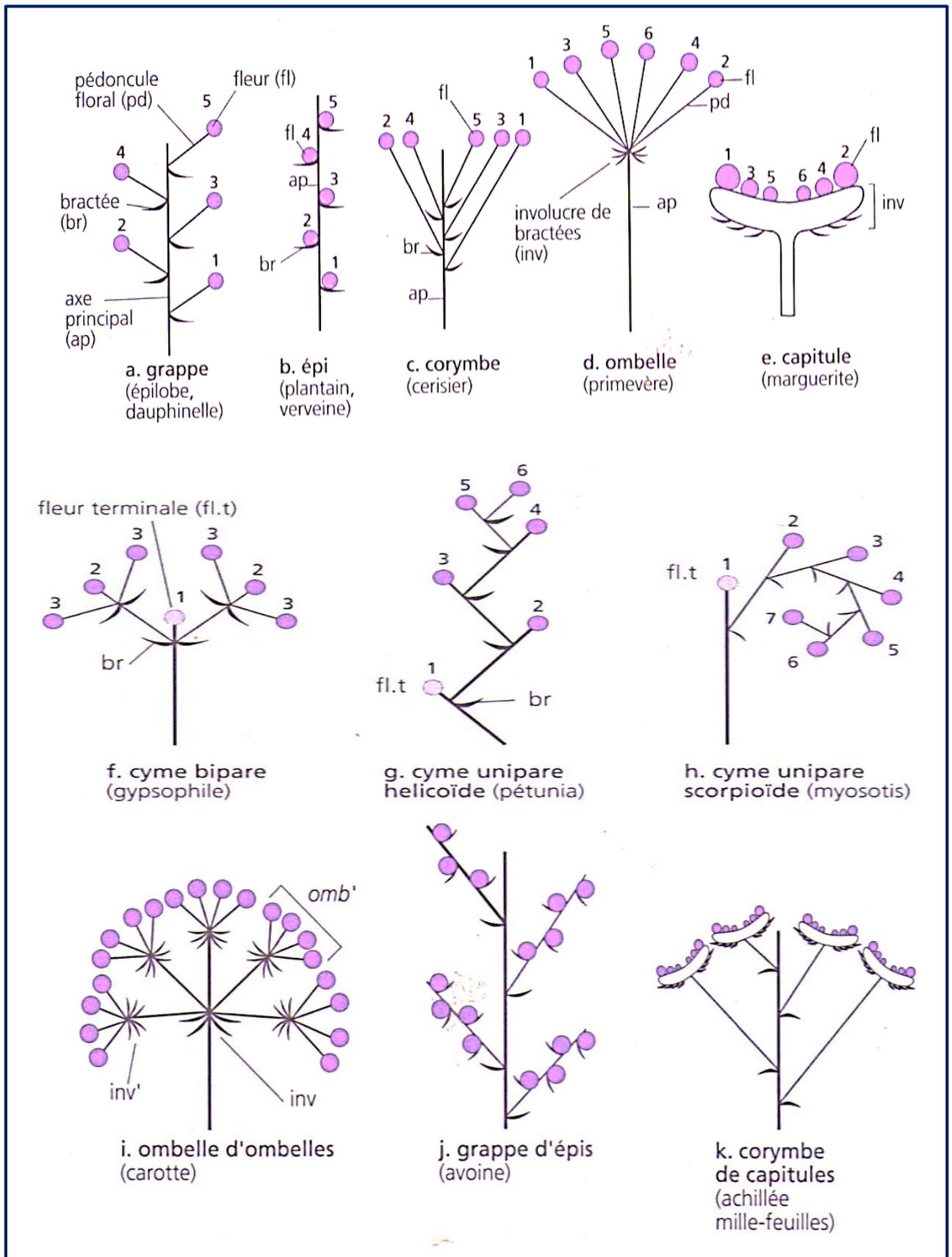


Fig.7- Schéma des principaux types d'inflorescences (Ozenda, 2000).

### 2.5.2.1.2- De l'inflorescence à la fleur :

Ducreux (2002) a défini l'inflorescence comme un rameau végétatif dont les rameaux axillaires sont remplacés par de petits axes portant des pièces fertiles mâles (étamines) ou femelles (ovules) ou les deux, c'est-à-dire des fleurs. Par des phénomènes de regroupement, de simplification, l'inflorescence peut conduire à une fleur.

#### - La transition méristème inflorescentiel /méristème floral :

Pour générer une fleur, le méristème doit subir deux transitions successives : il doit d'abord passer de l'état végétatif à l'état inflorescentiel, puis de l'état inflorescentiel à l'état floral (Ozenda, 2006).

Il existe des mutants incapables de réaliser cette seconde transition. Ces mutants produisent alors, de manière répétée, des pousses de type inflorescences au lieu de former des fleurs.

### 2.5.2.2- La fleur :

Chez les Angiospermes, la reproduction sexuée s'effectue dans la fleur (Laberche, 2004) qui est un rameau spécialisé dans un rôle reproducteur et ordinairement composé de nombreux appendices, dits pièces florales, dont les plus externes forment une enveloppe protectrice, le périanthe, tandis que les internes sont les organes reproducteurs proprement dits produisant les gamètes (Ozenda, 2000).

A la différence des Gymnospermes, les organes mâles et femelles sont le plus souvent réunis dans une même fleur et les ovules sont toujours enfermés dans un organe creux, le pistil, qui occupe le centre de la fleur et se transforme à maturité en un fruit contenant les graines qui proviennent du développement des ovules fécondés (Ozenda, 2000).

Les fleurs sont parfois de grande taille et isolées comme dans la tulipe, mais le plus souvent elles sont relativement petites, par rapport aux feuilles par exemple, et réunies en groupe appelés inflorescences.

Meyer *et al* (2008) définissent aussi la fleur comme un rameau court à croissance définie renfermant les organes reproducteurs

#### 2.5.2.2.1- Théories concernant l'origine de la fleur :

Beaucoup de théories sont formulées concernant l'origine de la fleur ; parmi les théories les plus classiques, nous en retiendrons deux.

##### 2.5.2.2.1.1- La théorie de l'Ecole Française :

Cette théorie s'appuie sur des observations histologiques réalisées au cours du développement et de la transformation du méristème végétatif en méristème floral. Si les sépales et les pétales sont formés comme les feuilles au niveau de l'anneau initial du méristème végétatif de l'apex caulinaire, étamines et carpelles mettraient en jeu un méristème dit d'attente, activé lors de passage du méristème végétatif au méristème floral. Selon cette théorie, étamines et carpelles sont donc issus d'un méristème différent du méristème végétatif et les pièces florales fertiles ne seraient donc pas de nature foliaire (Robert *et al.*, 1998).

### 2.5.2.2.1.2- La théorie de la métamorphose :

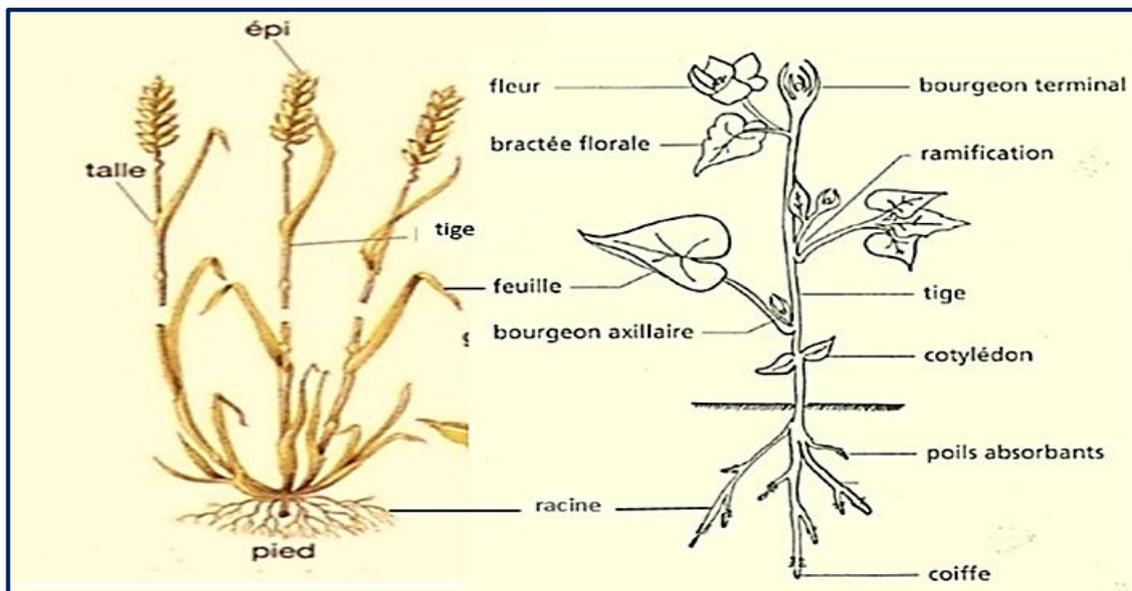
Du grec *metamorphôsis*: de *meta* qui marque le changement, et *morphê*, « forme ») a été proposée par le philosophe allemand Goethe (1749-1832) (Robert *et al.*, 1998).

Plusieurs observations ont conduit à son élaboration ou supportent cette théorie :

- La trame vasculaire d'une fleur ressemble fondamentalement à celle d'une tige feuillée ;
- Les pièces florales des verticilles les plus externes ont un aspect et une structure anatomique très voisine de celle des feuilles ;
- Chez certaines espèces comme *Nymphaea*, toutes les formes intermédiaires entre les pièces florales de deux verticilles consécutifs peuvent s'observer ;
- Des études d'anatomie comparée ont permis de montrer que des étamines ou des carpelles d'Angiospermes primitives ont un véritable aspect foliacé.

D'après Laberche (2004) « le méristème caulinaire se transforme soit en méristème floral, à l'origine d'une fleur unique, soit en méristème d'inflorescence, qui à son tour produira des méristèmes floraux ».

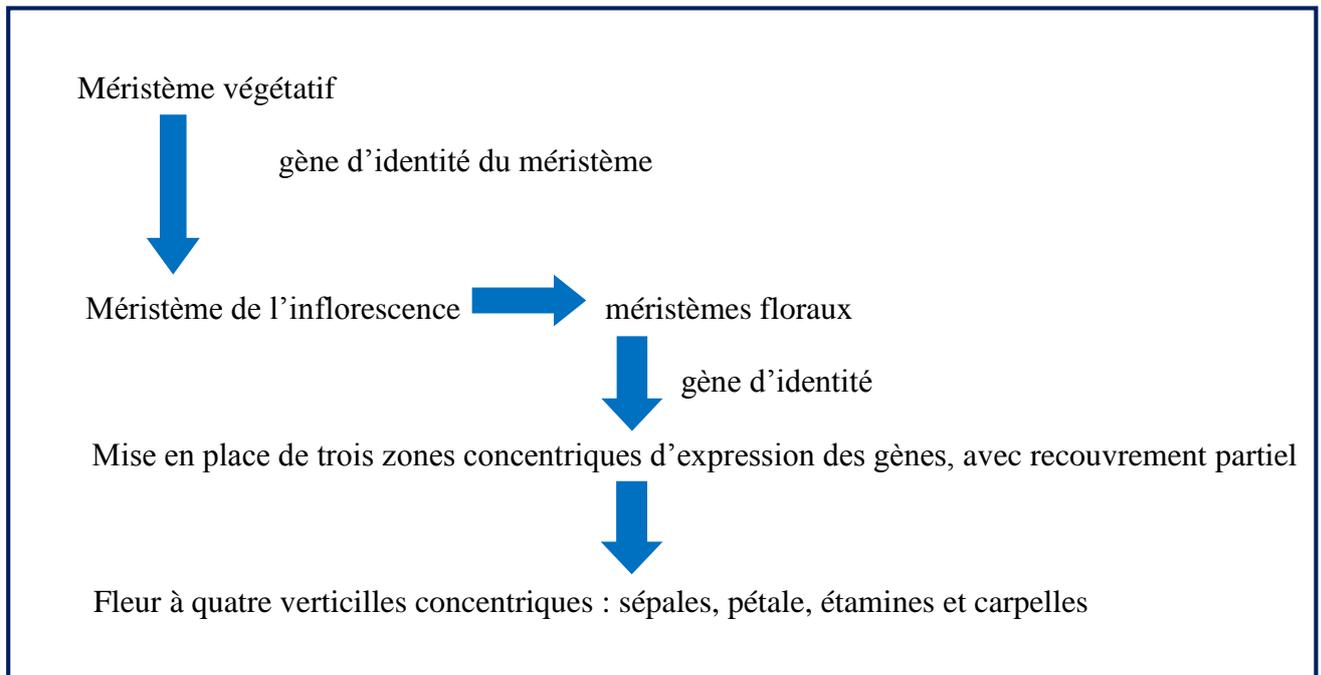
D'après Wolpert (2004) « Le méristème caulinaire se transforme plus tard en méristème d'inflorescence, qui peut lui-même se transformer directement en méristème floral (dans le cas de croissance définie) ou donner des exemples de méristème floraux tout en gardant indéfiniment ses caractéristiques de méristème caulinaire (pour les plantes à croissance indéfinie) dans les méristèmes floraux, chacun d'eux est à l'origine d'une fleur et les gènes d'identité des organes floraux agissent de façon combinée pour déterminer les différents types d'organes floraux »(figure 8).



**Fig.8-** Construction de l'appareil végétatif d'une plante à croissance définie (à gauche : blé tendre) et à croissance indéfinie (à droite) (Soltner, 1987) modifiée.

Wolpert (2004) développe la même thèse d'entrée en floraison des plantes que Ducreux en 2002 (figure 9) à savoir :

Le méristème végétatif va se transformer en méristème d'inflorescence sous l'impact d'un gène d'identité du méristème qui va donner des méristèmes floraux par la suite et la mise en place de trois zones concentriques d'expression des gènes aura lieu pour obtenir une fleur à quatre verticilles.



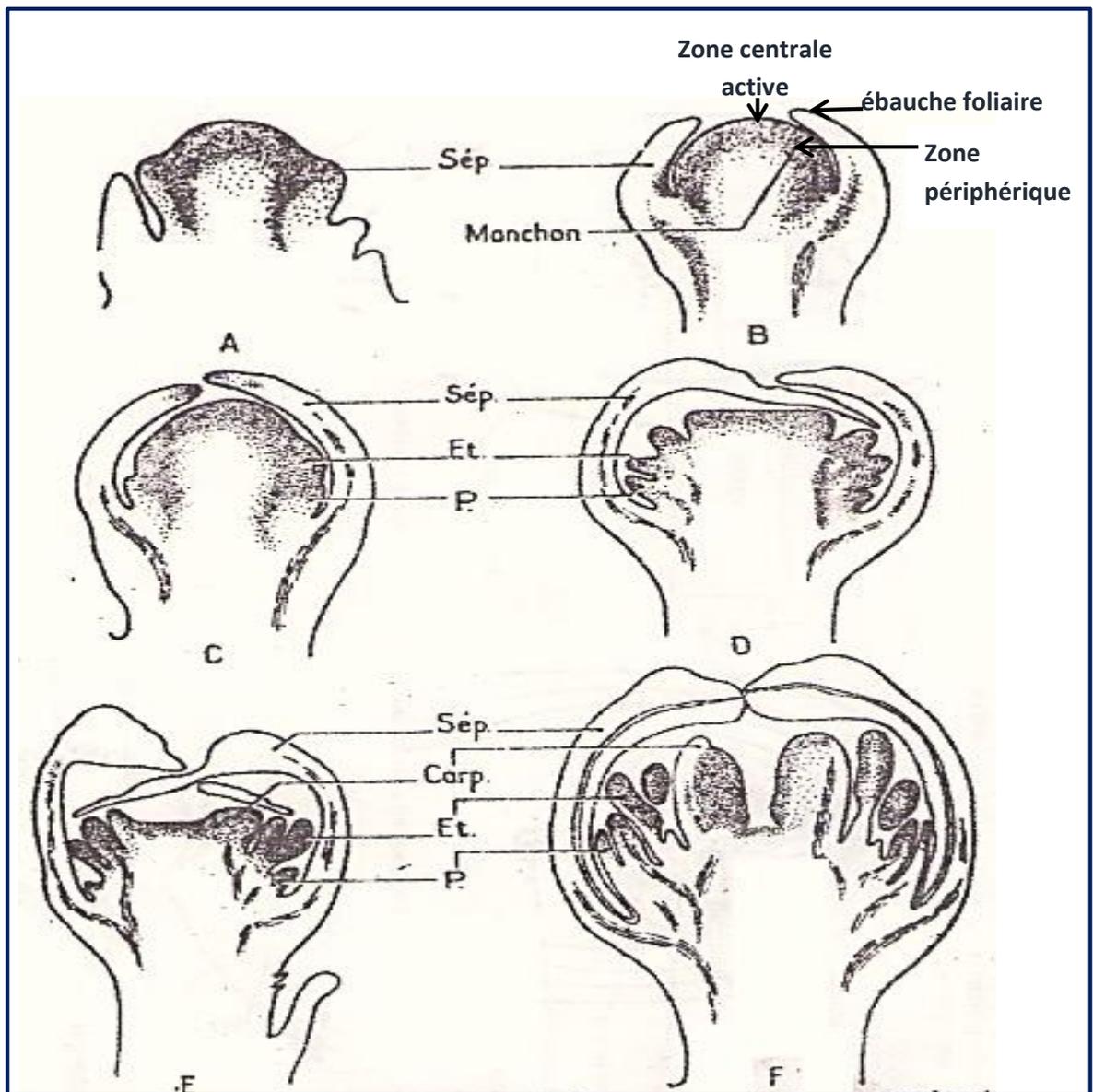
**Fig.9-** Schéma récapitulatif de l'organogénèse de la fleur chez *Arabidopsis* d'après Wolpert (2004).

D'après Meyer *et al.*, (2008) quand le végétal devient adulte, il acquiert la capacité à fleurir. Les bourgeons deviennent alors sensibles aux signaux d'induction de la floraison.

Le programme méristématique change : le méristème caulinaire se transforme en méristème reproducteur. Cette transition est appelée évocation florale. Elle se manifeste par une homogénéisation de l'aspect de l'apex caulinaire en relation avec l'entrée en activité mitotique des cellules de la zone apicale axiale (figure 10).

Le méristème floral présente alors différents territoires concentriques, chacun dédié à la production d'un nombre déterminé d'organes floraux.

Les territoires périphériques, correspondant à la zone périphérique, produisent successivement les organes des trois premiers verticilles : les sépales, les pétales et les étamines avec une phyllotaxie modifiée par rapport à celle des organes végétatifs. La zone centrale produit le gynécée (carpelles).



**Fig.10-** Développement de la fleur (coupes longitudinales) d'après Besrillon, 1955).

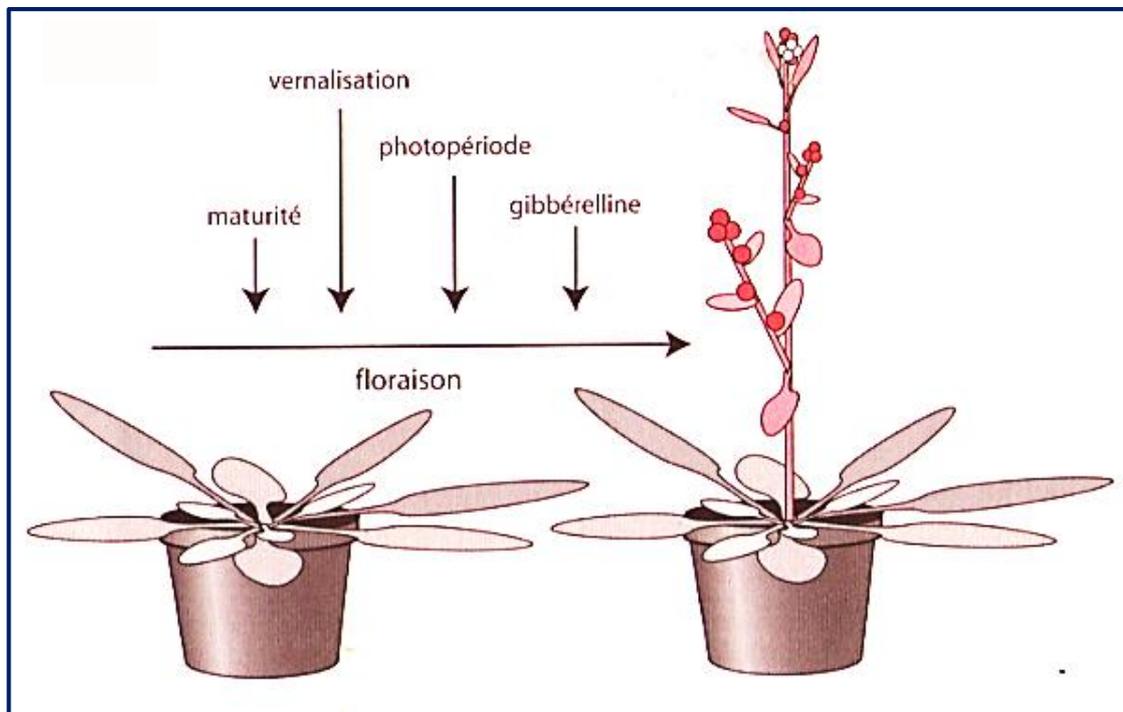
**A** : formation des sépales ; **B** : formation du manchon ; **C et D** : formation des étamines ; **E et F** : formation des carpelles. (**Carp.**, carpelle ; **Et.**, étamine ; **P.**, pétale ; **Sép.**, sépale).

### III- La phase floraison

La floraison est le processus biologique de développement des fleurs. C'est un moment essentiel au cours de la vie d'une plante car sa réussite conditionne la production d'une descendance et donc la survie de l'espèce. Les Angiospermes ont donc développé de multiples stratégies pour que la floraison intervienne au moment le plus adapté à leur développement (Morot-Gaudry & Prat, 2012).

Les problèmes de la floraison n'ont été abordés que récemment sur le plan génétique, par l'étude des mutants qui a permis de démontrer une partie des mécanismes contrôlant la morphogénèse florale (Pesson et Louveaux, 2002).

Outre le caractère génétique de l'espèce en question, le déclenchement de la floraison dépend de nombreux paramètres intrinsèques (âge, état trophique, hormones) et environnementaux (photopériode, thermopériode, disponibilité en eau et exposition à une période de froid : vernalisation) (figure 11).



**Fig.11-** Principaux facteurs induisant la floraison : conditions climatiques, maturité, hormones (Gaudry-Morot & Prat, 2012).

On distingue communément quatre étapes au cours du passage de l'état végétatif à l'état floral :

- 1- l'induction florale ;
- 2- l'évocation florale ;
- 3- l'initiation florale ;
- 4- et la floraison proprement dite.

Les deux premières étapes sont dénommées virage floral et les deux dernières, morphogenèse florale (Ma, 2005).

La floraison commence par l'induction florale et l'initiation des organes reproducteurs.

- 1- L'induction florale est une étape préparatoire, plus ou moins longue, elle peut durer plusieurs semaines (Buban & Faust, 1982).

D'après Hopkins (2003) l'induction florale fait intervenir différents mécanismes adaptatifs qui incluent :

- la levée de la dormance des bourgeons axillaires ;
- la réaction des plantes aux basses températures ou vernalisation (thermopériodisme) ;
- la réaction des plantes à la lumière ou photopériodisme.

2- l'évocation florale qui est la période où le méristème se réorganise en fonction de ce programme (Burnier, 1988). L'architecture de l'apex se modifie, préparant la différenciation des ébauches. Durant cette période, on observe une accélération du métabolisme énergétique, sous l'influence d'un afflux de substrat (saccharose notamment), une augmentation de l'activité mitotique ainsi que de la synthèse d'ARN, de protéines nouvelles ...etc (Mehri & Crabbé, 2002).

C'est au cours de cette étape que sont induits certains gènes, dont l'expression sera à l'origine de l'initiation florale.

3- l'initiation florale est la période où se différencient les ébauches des pièces florales ; à ce stade, le bourgeon végétatif est devenu bourgeon à fleur.

C'est la première étape de la morphogenèse florale. Le méristème commence à manifester les premiers signes visibles de changements morphologiques, qui peu à peu vont lui donner l'aspect d'un méristème préfloral ou d'un méristème inflorescentiel (Hopkins, 2003).

4- la floraison se manifeste par le développement des pièces florales (sépalés, pétales, étamines et carpelles), la méiose suivie de la formation des gamètes, le débourrement des bourgeons et enfin l'épanouissement de la fleur.

### **3.1- Facteurs responsables du changement du méristème végétatif en méristème évoqué :**

Plusieurs facteurs jouent un rôle important :

#### **3.1.1- La perception de la photopériode :**

La floraison est contrôlée par la photopériode qui est la durée de l'éclairement. On distingue les plantes de jours courts et de jours longs, c'est-à-dire des plantes qui fleurissent quand la durée du jour devient plus faible ou plus longue qu'une valeur donnée appelée la photopériode critique et qui varie d'une espèce à l'autre (Pesson & Louveaux, 2002).

Les plantes sensibles à la longueur du jour requièrent à la fois un photorécepteur qui perçoit la qualité de la lumière et la différence entre le jour et la nuit est un mécanisme de mesure du temps, lié à l'« horloge » circadienne qui détermine la durée passée à la lumière et à l'obscurité (Robert *et al.*, 1998).

#### **3.1.2- Le rôle de la température :**

Depuis les célèbres travaux de Lang sur la Jusquiame noire, le fait que l'aptitude à fleurir après action du froid, la vernalisation, soit transmissible par greffage a également conduit à supposer l'existence d'une hormone complexe non identifiée : la vernaline.

Cette hypothèse est très controversée : par contre, plusieurs expériences laissent supposer que les gibbérellines sont impliquées dans le mécanisme d'acquisition de l'aptitude à fleurir : un traitement par des inhibiteurs de gibbérellines peut supprimer l'action vernalisante (Robert *et al.*, 1998).

Les conditions climatiques de la floraison vont induire le rythme de libération des grains de pollen dans l'atmosphère. Lorsque les conditions sont favorables, la pollinisation est rapide. S'ils sont défavorables, la pollinisation traîne en longueur et le potentiel pollinique (stock de grains de pollen susceptibles d'être libérés) peut être affecté.

### **3.2- Les types de floraison :**

La floraison se forme essentiellement selon deux principes :

#### **3.2.1- Floraison sur les bois de l'année :**

En cours de saison, le méristème terminal cesse de fabriquer des ébauches de feuilles pour ne plus fabriquer que des ébauches de fleurs. Dans la très grande majorité des cas, la floraison apparaît à l'extrémité du rameau après une croissance végétative plus ou moins importante selon les facteurs pédoclimatiques (Jean, 1983). Exemple : la quasi-totalité des rosiers.

#### **2.1- Floraison sur les bois de l'année ou des années précédentes :**

- **Floraison sur les bois d'un an :**

Les fleurs apparaissent sur des rameaux formés l'année précédente à partir de bourgeons floraux ou mixtes préformés et programmés au cours de l'été qui précède : *Ficus carica* L., *Juglans regia* L.

- **Floraison sur le bois de deux ans ou plus :**

Sur les espèces à forte croissance, il est rare que le bois long et vigoureux se mette à fleurir dès l'année suivant sa formation. La floraison n'apparaît bien souvent que l'année suivante sur des bois courts issus des bourgeons axillaires. Dans cette catégorie, se trouvent majoritairement des plantes à floraison printanière qui fleurissent sur de vrais bois de deux ans pleins, comme (cognassier du Japon), et celles qui fleurissent en été, sur du bois en cours de deuxième année de végétation (Salisbury & Ross, 1985).

### **3.3- Morphologie florale :**

La fleur est l'une des principales caractéristiques des Angiospermes. Dans la systématique traditionnelle, notamment depuis Linné, les caractères de la fleur sont à la base de toutes les subdivisions de la classification. Le nombre de pièces florales, leur soudure, leur disposition les unes par rapport aux autres sont autant de critères permettant d'établir les différents niveaux de classification (espèce, genre, famille, séries, sous-classe...).

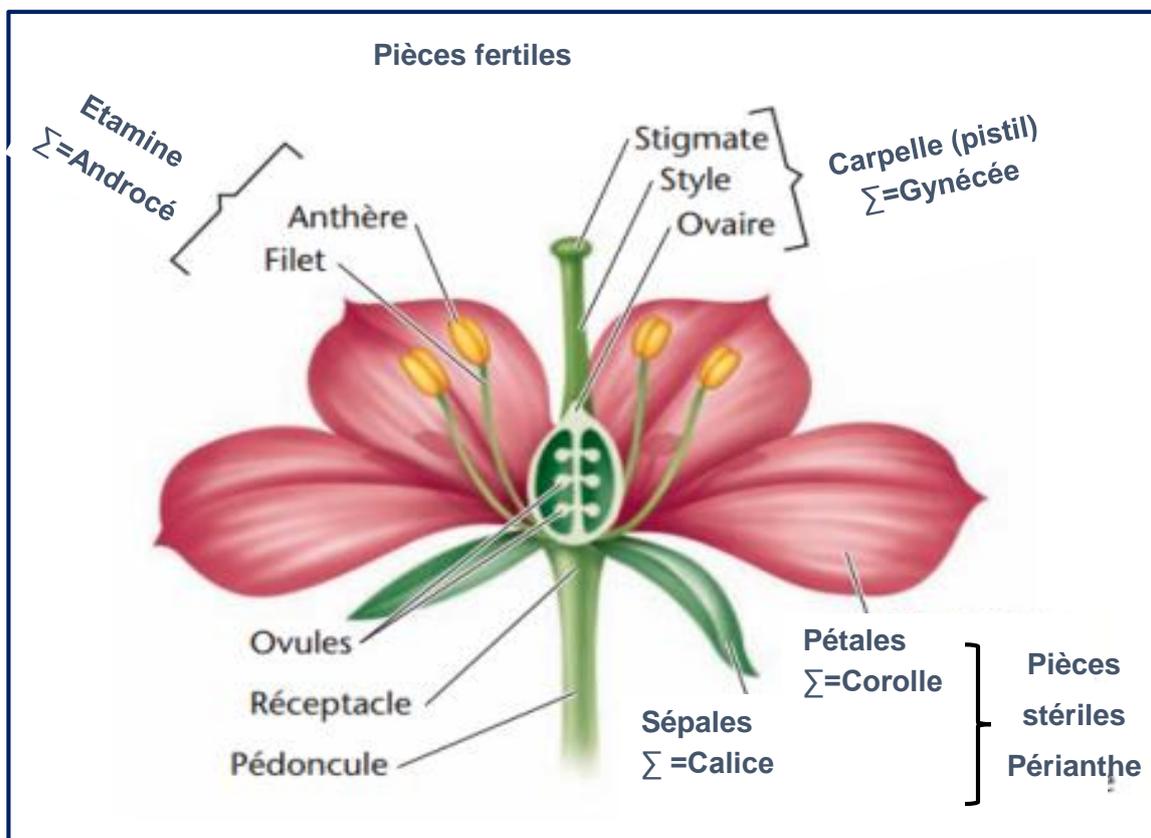
Depuis quelques années d'autres critères entrent en jeu, notamment des critères chimiques mais surtout moléculaires (ADN et ARN).

D'après Dibos (2010), La fleur est la structure qui sert à la reproduction des Angiospermes. C'est l'ensemble des organes reproducteurs et des enveloppes qui les entourent.

La fleur typique est portée par un pédoncule. Elle est composée d'un réceptacle floral renflé qui est rattaché au pédoncule et qui porte les pièces florales (sépalés, pétales, étamines et pistil ; Figure 12) organisées en quatre verticilles concentriques (respectivement calice, corolle, androcée et gynécée). Chacune de ces pièces florales possède une spécificité :

- Les sépalés ont un rôle essentiel de protection du bouton floral avant son ouverture.
- Les pétales colorés attirent les pollinisateurs et jouent peut être un ou d'autres rôles par leurs composés phénoliques divers.
- Les étamines et le pistil sont respectivement les organes reproducteurs mâles et femelles (Nabors, 2008).

Le réceptacle floral porte également des glandes sécrétrices, les nectaires, qui produisent le nectar.



**Fig.12-** Organisation d'une fleur type d'Angiosperme (www.thebotany-place.com) modifiée.

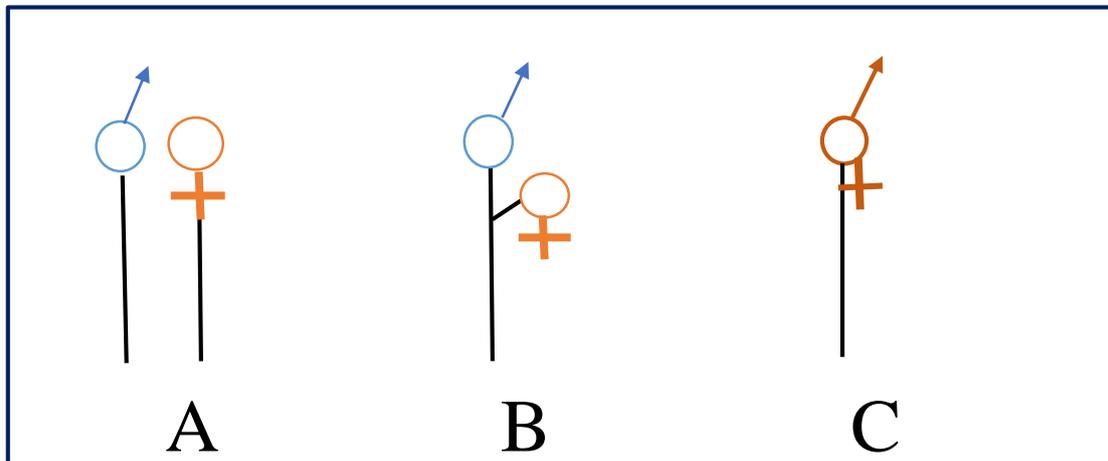
Cette description de la fleur est très générale, beaucoup de fleurs ne possèdent pas l'ensemble des pièces florales. De plus, ces caractéristiques correspondent à une fleur hermaphrodite, mais il existe aussi d'autres types de fleurs (figure 13).

### 3.4- Répartition des sexes chez les Angiospermes :

Selon Yampolsky (1952), 70 % des genres sont entièrement hermaphrodites (les deux sexes sont présents sur la même fleur) et 5 %, seulement, dioïques (comprennent deux sortes d'individus : des pieds

mâles qui portent uniquement des fleurs mâles et des pieds femelles qui portent uniquement des fleurs femelles (Pistachiers, Caroubier, Dattiers, etc), elles sont distribuées dans 75% des familles.

Selon Ducreux (2002), la majorité des Angiospermes sont monoïques (chaque pied porte deux types de fleurs unisexuées : des fleurs mâles ne contenant que des étamines et des fleurs femelles ne contenant que des carpelles : Noisetier, Chênes, Noyers, Maïs, Courges, etc).



**Fig.13-** Répartition du sexe chez les plantes (A : espèce dioïque, B : espèce monoïque, C : espèce hermaphrodite) (Meyer *et al.*, 2008).

### 3.5- Représentation de la fleur :

#### 3.5.1- La formule florale :

Pour présenter schématiquement les caractéristiques essentielles d'une fleur ou d'une famille on utilise généralement la formule florale. Elle se présente comme une formule mathématique et renseigne sur le nombre de pièces.

Par exemple, les Solanacées ont cinq sépales, cinq pétales, cinq étamines et deux carpelles, ce qui se traduit par la formule florale suivante :

$$5S + 5P + 5E + 2C$$

Cette méthode n'étant pas suffisamment informative, certains botanistes en ont proposé une autre plus complète mais également très compliquée. La formule devient :

$$*, (5), (5), 5, (\underline{2})$$

- \* : indique que la fleur est actinomorphe (en étoile).
- Le cercle entourant sépales, pétales et carpelles : indique qu'ils sont soudés.
- Le trait reliant les cinq étamines aux pétales : signale qu'elles sont soudées sur ceux-ci.
- Le trait en dessous des carpelles : indique que l'ovaire est supère.

Les botanistes préfèrent le plus souvent accompagner la formule florale d'un diagramme floral.

### 3.5.2- Le diagramme floral :

Il s'agit d'un schéma représentant une coupe transversale idéale de la fleur avec toutes ses pièces représentées dans un même plan par des signes conventionnels.

Si on reprend l'exemple de la fleur de Solanacées, le diagramme est le suivant (figure 15).

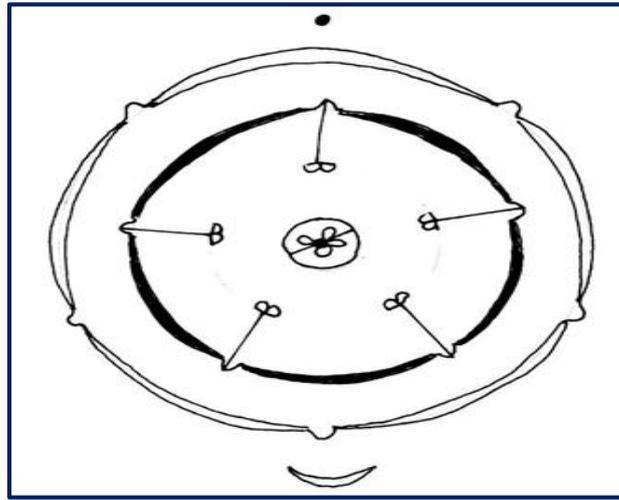


Fig.15– Diagramme de la fleur des Solanacées (Reynaud, 2011).

### 3.6- Les pièces florales :

Les pièces florales n'intervenant pas directement dans la reproduction.

#### 3.6.1- Le réceptacle floral :

C'est la partie terminale de l'axe portant une fleur (pédoncule floral). Il peut être plus ou moins bombé. Et parfois très allongé (Renonculacées et Magnoliacées).

Les pièces florales sont insérées sur ce réceptacle floral, soit suivant une spirale, soit, le plus souvent, suivant des cercles ou verticilles (fleur cycliques). Quelquefois, les pièces les plus externes sont en verticilles et les plus internes en spirale (fleurs hémicycliques, rencontrées chez certaines Renonculacées).

Le nombre de verticilles des pièces florales est un critère important en systématique traditionnelle. Quand les pièces florales sont en verticilles, elles sont, le plus souvent, disposées en alternance d'un verticille à l'autre (loi de l'alternance).

Quand une fleur a plusieurs plans de symétrie, elle est dite actinomorphe (en étoile). Quand elle n'a qu'un seul plan de symétrie (en principe vertical) elle est dite zygomorphe. Dans certains cas, il n'existe aucun plan de symétrie : la fleur est dite asymétrique (Guignard, 2014).

Le réceptacle floral porte parfois des glandes nectarifères ou un disque nectarifère.

### 3.6.2- Les sépales :

L'ensemble des sépales constitue le calice. Ce sont, le plus souvent, des pièces vertes mais ils peuvent être également plus ou moins colorés (on parle alors de sépales pétaloïdes). Ils peuvent tomber à l'ouverture du bouton floral : sépales caduques ; le plus souvent, ils disparaissent au moment de la formation du fruit mais ils peuvent persister (fréquent chez les Solanacées : tomate) (Green *et al.*, 2015).

Les sépales sont le plus souvent libres (calice dialysépale) mais ils peuvent être également plus ou moins soudés (calice gamosépale).

Dans certaines fleurs, le calice est doublé, à l'extérieur, par des pièces vertes en nombre variable (ex. Malvacées, Rosacées).

On attribue aux sépales un rôle de protection des pièces internes plus fragiles.

### 3.6.3- Les pétales :

L'ensemble des pétales forme la corolle. Ce sont des pièces discrètes et verdâtres, comme chez les fleurs pollinisées par le vent. Le plus souvent ce sont des pièces colorées portant parfois des ornements remarquables (Green *et al.*, 2015).

Un pétale comprend théoriquement deux parties : une partie plus ou moins étroite (l'onglet) et une partie en général élargie (le limbe). Certains possèdent des cellules sécrétrices de nectar.

Comme les sépales, les pétales peuvent être libres (corolle dialypétale, ou plus au moins soudés (corolle gamopétale).

Quand ils sont présents et colorés, les pétales interviennent dans la pollinisation. Leur couleur est adaptée aux insectes (plantes entomogames) ou autres animaux pollinisateurs. Même lorsqu'il s'agit de pétales blancs, ils contiennent des molécules (des flavonoïdes) qui émettent dans l'ultraviolet et sont donc visibles par certains insectes. Chez les espèces pollinisées par le vent (anémogames), les pétales sont inutiles à la pollinisation, ils sont soit absent soit réduits et verdâtres (Robert, 1998).

Il existe plusieurs types de corolle : en croix, étoilé, en roue, tubuleux, en entonnoir, en trompette, en cloche, unilabié, bilabié, en languette, papilionacé...

#### - Couleur des pétales :

Les flavonoïdes sont présent dans de très nombreuses espèces végétales, dans les feuilles, les fleurs, le pollen et les fruits .Leurs concentration augmente avec l'exposition au soleil, constituant de ce fait un écran protecteur contre les photos et thermodégradation (Larson, 1988). Les flavonoïdes agissent principalement comme antioxydants primaires (Macheix & Fluriet, 1993).

Bien que le vert soit la couleur prédominante du monde végétale, c'est la coloration chatoyante des pétales des fleurs, des fruits, des bractées ou éventuellement des feuilles qui attirent surtout l'homme et les animaux.

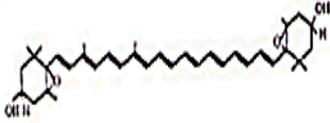
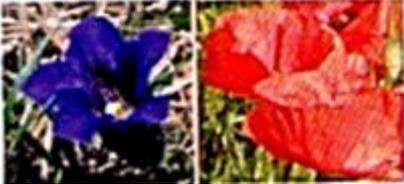
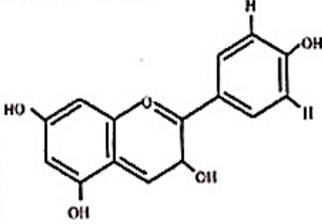
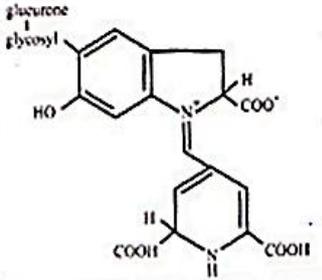
Ces teintes qui varient de l'écarlate, au rose, au violet et au bleu, sont dues à la présence de pigments dénommés anthocyanes qui appartiennent aux flavonoïdes. D'autres classes de flavonoïdes (les chalcones et les aurones par exemple) contribuent à la coloration jaune de certaines fleurs. Cependant d'autres composés, les flavones, sont responsables de la coloration blanche de pétale de certaines fleurs ((Macheix *et al.*, 1990).

Les hétérosides des cyanidines, pelargonidine et delphinidine sont les plus fréquents et contribuent à la coloration rose, rouge écarlate, rouge orangée, pourpre et bleu de toutes les fleurs.

Les hétérosides des seules cyanidines se trouvent dans plus de 80 % des fleurs colorées et dans 50 % des fleurs (Hopkins, 2003).

Le tableau suivant montre les principaux types de pigments des fleurs.

**Tableau III :** Les principaux types de pigments des fleurs (Meyer *et al.*, 2008).

Type de molécules	Pigments	Couleurs	Localisation	Solubilité	Exemples
Terpénoïdes	Caroténoïdes 	Jaune, Orange	Plastes	Dans les lipides	Violaxanthine (violette) 
Flavonoïdes	Anthocyanes 	Bleu, pourpre, rouge, rose	Vacuoles	Dans l'eau	Pélagonidine ( <i>Pelargonium</i> ) 
Alcaloïdes	Bétaïnes 	Pourpre,			Amaranthine (amarante) 

**- Les tépales :**

On utilise ce terme quand les sépales et pétales sont morphologiquement identiques. Les tépales sont parfois verdâtres, mais le plus souvent colorés. Ils peuvent être libres ou soudés.

**- Le périanthe :**

Il est composé le plus souvent de sépales formant le calice et de pétales forment la corolle.

On utilise des termes précis pour indiquer le nombre des pièces au niveau des verticilles du périanthe :

- Fleur dimère (ou de type deux) : deux pièces par verticille (deux sépales plus deux verticilles pétales chacun). Exemple d'*Ophrys muscifera* Huds ;
- Fleur trimère (ou de type trois) : trois pièces par verticille (trois sépales plus trois pétales chez la plupart des Monocotylédones. Ex : Liliacées (tulipe, ail), Amaryllidacées, Iridacées;
- Fleur tétramère (ou de type quatre) ; quatre pièces par verticille chez les Brassicacées (choux, radis) ;
- Fleur pentamère (ou de type cinq) : cinq pièces par verticille chez la plupart des Dicotylédones : Rosacées (cerisier, prunier) (Coutanceau, 1962).

**3.7- Les organes reproducteurs :****3.7.1- Les organes reproducteurs femelles (les carpelles) :**

Les organes reproducteurs femelles sont représentés par les carpelles (Jean *et al.*, 2012). L'ensemble des carpelles correspond au gynécée ou pistil (pour certains auteurs, le terme pistil est réservé à un gynécée formé de plusieurs carpelles soudés). Le ou les carpelle(s) est (sont) situé(s) au centre de la fleur (Reynaud, 2011).

**3.7.1.1- Organisation des carpelles :**

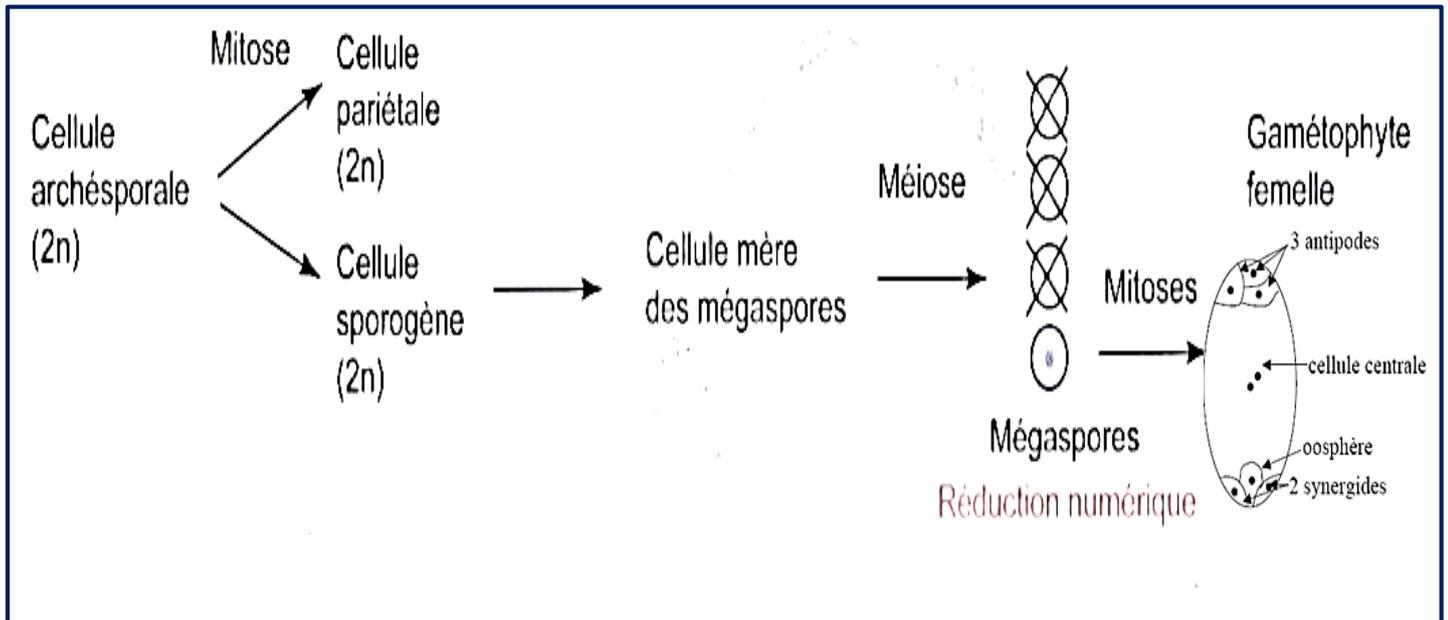
Un carpelle est formé d'une partie basale renflée contenant le ou les ovules, l'ovaire. Le plus souvent, l'ovaire se continue par un filament, le style (la voie de passage du tube pollinique vers la cavité de l'ovaire), qui se termine par une partie plus ou moins renflée, le stigmate. C'est au niveau du stigmate que se dépose le pollen (Heller, 1998).

L'ovaire contient un ou plusieurs ovules (mégasporanges) pourvus d'un ou de deux téguments et insérés sur des placentas (Ozenda, 2000).

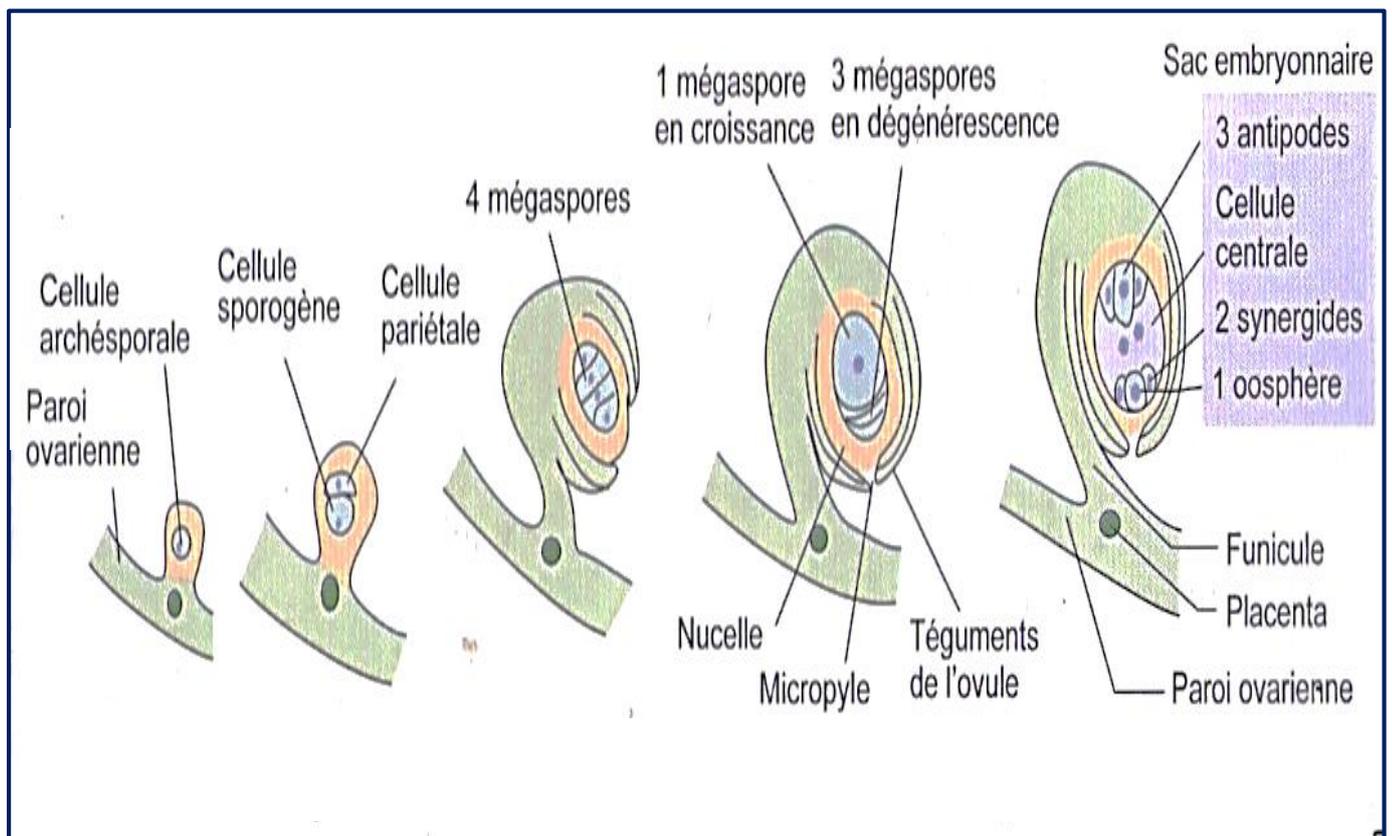
L'ovule est de forme ovoïde et est limité extérieurement par deux téguments (parfois d'un seul) interrompus par un micropyle. Cet ovule contient le gamétophyte femelle haploïde, qui est inclus dans les tissus diploïdes appartenant à la plante-mère. C'est le sac embryonnaire. Cet individu haploïde est généralement octonuclés. Les 8 noyaux résultent de trois divisions successives d'une mégaspore (Yadegari & Drews, 2004).

Après une méiose suivie d'une mitose, il y a 7 cellules qui généralement s'agencent en 3 cellules au pôle micropylaire (une oosphère flanquée de deux synergides), 3 autres au pôle opposé

(les antipodes) et deux noyaux centraux surnommés selon les auteurs de polaires, secondaires ou accessoires (fig.16 : 1 et 2) (Laberche, 2004).



**Fig. 16. (1)-** Etapes génétiques de la formation de gamétophyte femelle (Richard *et al.*, 2014).



**Fig.16. (2)-** Etapes de la formation de l'ovule et du sac embryonnaire (Richard *et al.*, 2014).

Dans le cas d'un pistil dont les carpelles sont plus ou moins soudés entre eux, on peut distinguer trois types principaux de placentation c'est-à-dire d'insertion des ovules dans les ovaires : placentation pariétale, axile et centrale (Robert *et al.*, 1998).

### 3.7.1.2- Nombre de carpelles :

La fleur peut posséder un seul carpelle ou plusieurs dizaines. Il n'y en a pas dans le cas des fleurs unisexuées mâles.

### 3.7.1.3- Disposition des carpelles :

Quand il y a plusieurs carpelles, ceux-ci peuvent être libre (dialycarpie) ou soudés (gamocarpie). Divers cas sont à envisager suivant le degré de cette soudure.

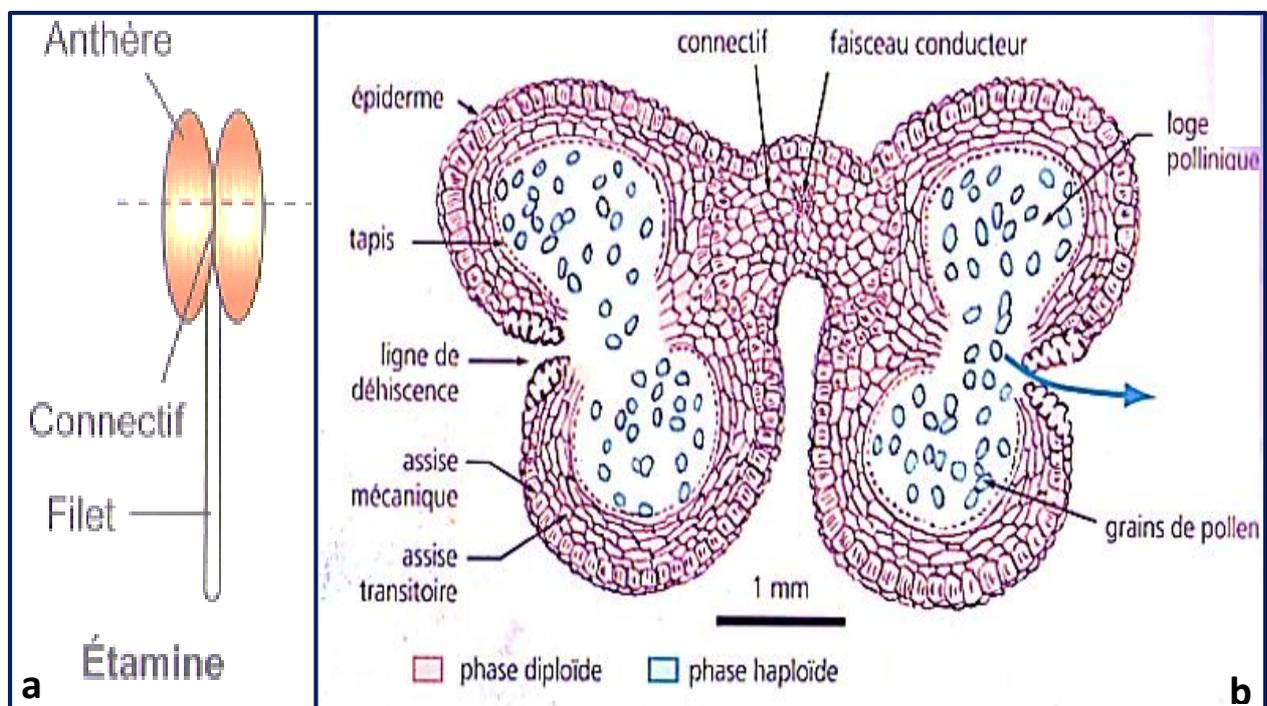
### 3.7.2- Les organes reproducteurs mâles (les étamines) :

L'ensemble des étamines constitue l'androcée.

#### 3.7.2.1- Organisation des étamines :

Les étamines sont les organes végétaux dans lesquels se forment les grains de pollen. Elles sont constituées de deux parties : un pied plus ou moins long, le filet, et une partie fertile, l'anthère. La zone de raccordement entre le filet et l'anthère correspond au connectif (figure 17.a) (Reynaud, 2011).

L'anthère est formée de deux loges polliniques, chacune contenant deux sacs polliniques (microsporangies mâles) (Meyer *et al.*, 2008) (figure 17 b).



**Fig.17. a-** Schéma représentatif d'une étamine, **b.** section transversale d'une anthère mûre de lis (*lilium sp.*) (d'après Camefort & Boué, 1985).

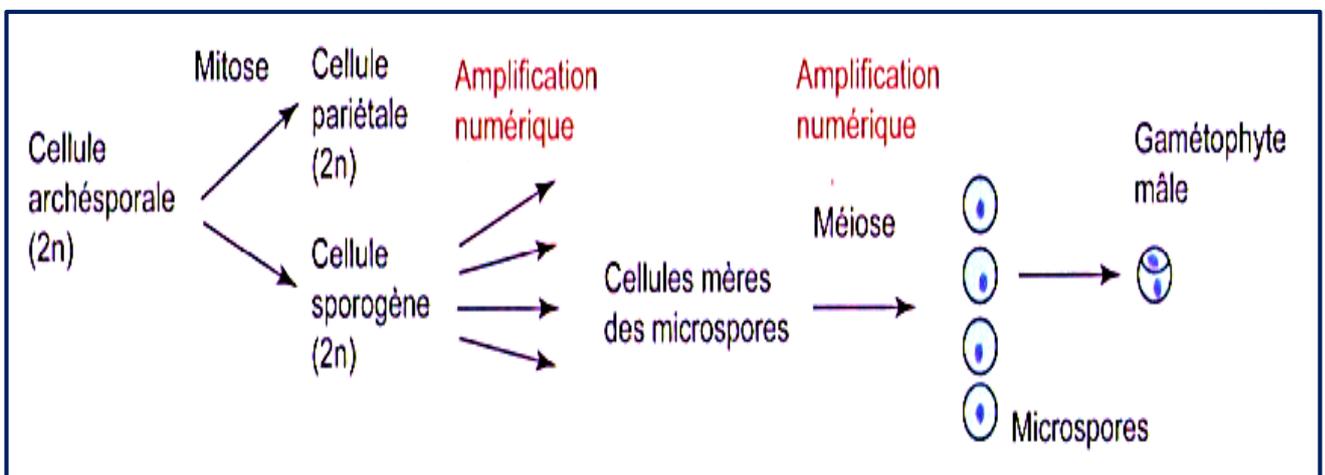
**3.7.2.2- Nombre d'étamines :**

Le nombre varie, selon les espèces, d'une seule étamine à plusieurs dizaines. Chez les espèces unisexuées femelles, il n'y a pas ou bien elles sont stériles.

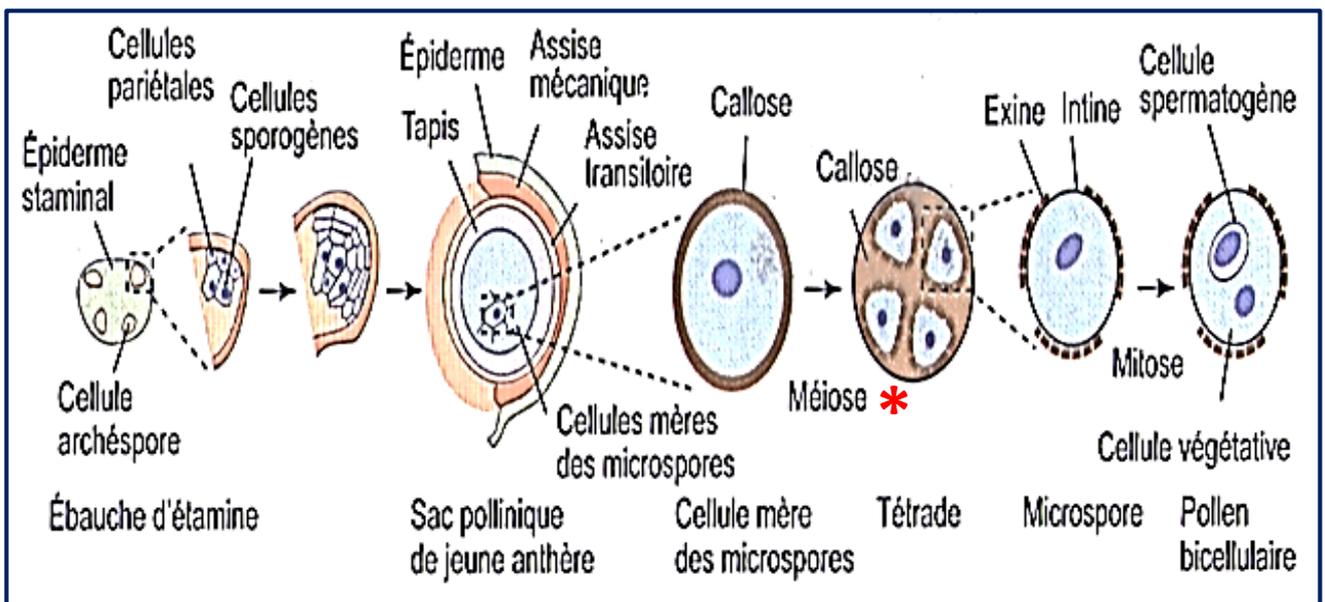
**3.7.2.3- Disposition des étamines :**

Les étamines nombreuses peuvent être toutes libres, disposées en faisceaux ou soudées de différentes façons (Pacini, 2000).

Les grains de pollen se forment dans les étamines. A l'origine se trouvent des microspores diploïdes entourées de cellules nourricières (Bedinger, 1992). Par la méiose ces microspores évoluent en tétraspores haploïdes qui vont continuer à se diviser, au moins une fois, par une simple mitose avant de s'entourer d'une enveloppe rigide épaisse constitué de deux couches contenant de la cellulose : l'exine et l'intine (Laberche, 2004) (figure 18. 1, 2).



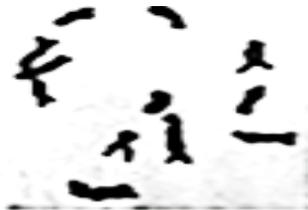
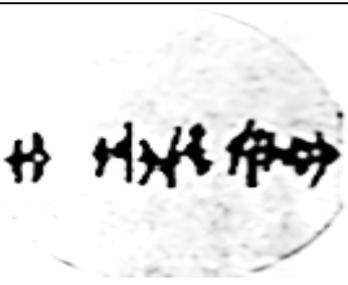
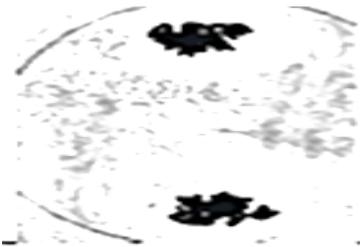
**Fig. 18.1-** Etapes génétiques de la formation de gamétophyte mâle (Richard *et al.*, 2014).

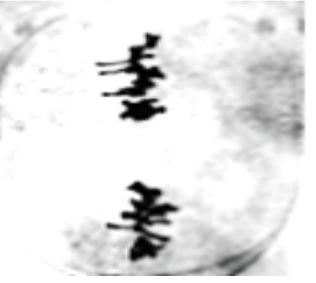
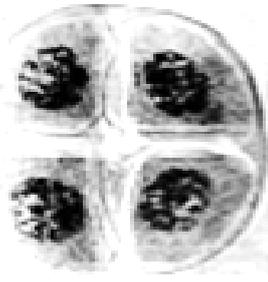
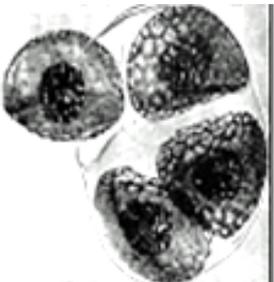


**Fig.18.2-** Etapes de formation du grain de pollen (Richard *et al.*, 2014).

A partir de la phase portant une étoile. Il se déroule d'après Chloé (2012) les étapes suivantes de la méiose (tableau IV).

**Tableau IV:** Exemple de formation des grains de pollen dans les anthères de fleur de *solanum lycopersicum* (Berger, 2013).

Division méiotique I réductionnelle	
Cellules souches	Cellule diploïdes (2n chromosomes à 2 chromatides en fin d'interphase).
	<p>Prophase I- Début</p> <p>On observe une individualisation des chromosomes, par condensation. La membrane nucléaire disparaît.</p>
	<p>Prophase I- Fin</p> <p>On observe des chromosomes appariés, bivalents, entrecroisés, chacun possède une double extrémité (2 chromatides) ; sur l'image de droite, on peut mettre en évidence le nombre de chromosomes bivalents (12), la formule chromosomique est donc <math>2n=24</math></p> 
	<p>Métaphase I</p> <p>Les chromosomes appariés se placent sur le plan équatorial ; il n'y a pas de fissionnement des centromères.</p>
	<p>Anaphase I</p> <p>On observe la migration vers chaque pôle de 12 chromosomes à 2 chromatides (preuve qu'il n'y a pas eu de fissionnement des centromères), un seul exemplaire de chaque paire de chromosomes migre vers chaque pôle.</p>
	<p>Télophase I</p> <p>Les n chromosomes à 2 chromatides se regroupent aux deux pôles et commencent une dédifférenciation.</p>
Résultat 1	Deux cellules à n chromosomes (12) et 2 chromatides.

Division méiotique II équationnelle	
	<p>Prophase II- Passage immédiat sans interphase à la prophase de la deuxième division.</p>
	<p>Métaphase II Les chromosomes se placent sur le plan équatorial, les centromères se fissentent.</p>
	<p>Anaphase II Migration de 12 chromosomes à une chromatide vers chacun des pôles ; il y a donc eu en fin de métaphase fissionnement des centromères et séparation des deux chromatides d'un même chromosome.</p>
	<p>Télophase II Regroupement et dédifférenciation des chromosomes aux deux pôles de chaque cellule. Formation des membranes cellulaires pour former 4 cellules filles.</p>
<p>Résultat final</p> 	<p>Quatre grains de pollen à n chromosomes (12) portant une chromatide chacun dans l'enveloppe de la cellule mère.</p> 

Le tapis de l'anthere nourrit les grains de pollen en formation et sécrète la sporollénine entrant dans la construction de son exine et du manteau pollinique (substance qui enrobe le grain de pollen et contribue à lui donner une identité génétique) (Edlund *et al.*, 2004).

### 3.8- Le gamétophyte mâle : le pollen

Le grain de pollen (du grec palé : farine ou poussière). C'est la poussière séminale des auteurs des XVII et XVIIIe siècles. Son rôle est connu grâce aux travaux de Camerarius (1664), de Miller (1751) et de Koelreuter (1752). Ses premières descriptions liées au développement du microscope sont dues en particulier à Needham (1745) et à Adanson (1763), dont il utilise la viabilité de la forme pour sa classification.

Il est produit dans les anthères sur les étamines et constitue l'élément fécondant mâle de la fleur.

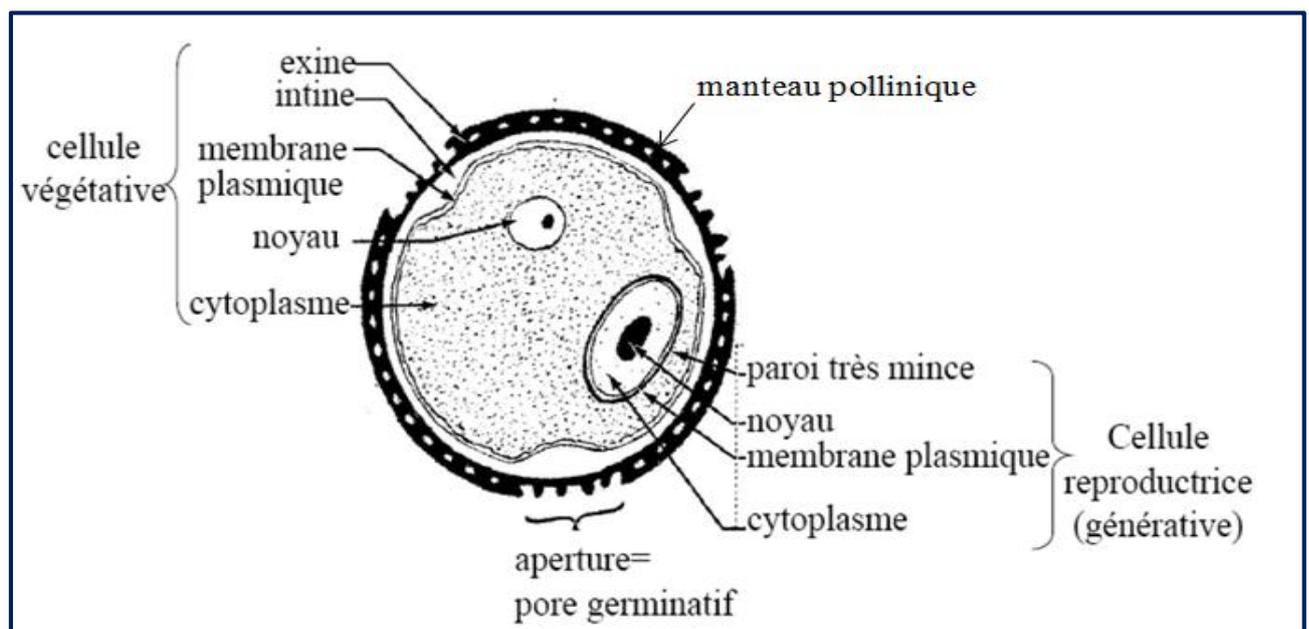
Le pollen est connu de tous, car présent dans tous les sédiments (atmosphère, eaux, sol et surtout miels et autres réserves des abeilles).

#### 3.8.1- Structure de pollen :

Au cours de sa formation, surtout à partir des cellules mères qui subissent une réduction chromatique, la structure du pollen devient complexe. Lorsqu'il est mûr et prêt à être dispersé, il est simple, ou groupé par quatre grains, ou plus. Chaque grain comprend un ensemble cellulaire entouré d'une épaisse paroi.

Le grain de pollen mûr est composé de deux cellules haploïdes : une grande cellule végétative et une cellule spermatogène, incluse dans la cellule végétative. L'exine et l'intine constituent la paroi de la cellule végétative (figure 19). Celle de la cellule spermatogène est très mince. La cellule spermatogène donnera deux gamètes mâles à l'issue d'une mitose (Meyer *et al.*, 2008).

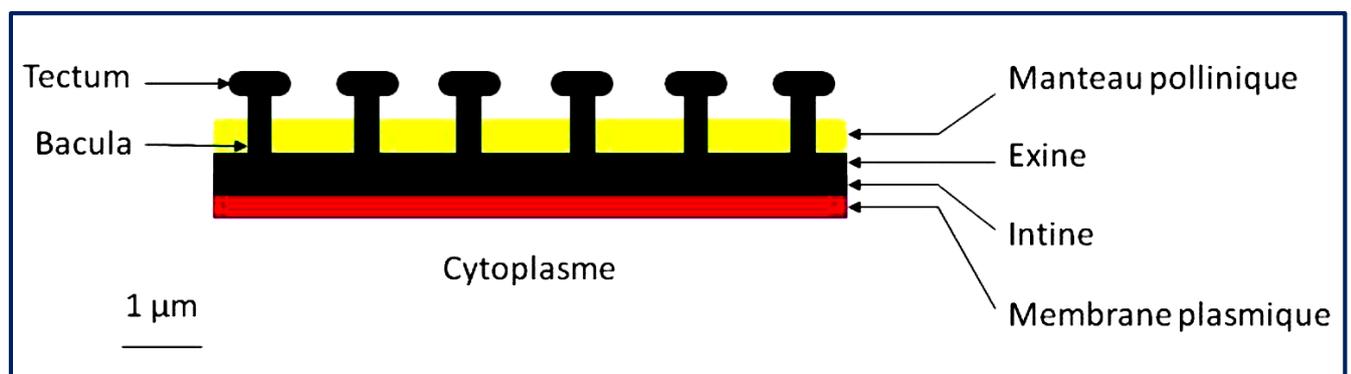
Autour de ces gamètes, la cellule végétative possède un noyau, des organites cellulaires et d'abondantes réserves (amidon, lipides, acides aminés, vitamines...).



**Fig.19-** Grain de pollen (gamétophyte mâle haploïde) triaperturé (Reeb, 2008).

Les grains de pollen acquièrent une paroi comprenant (figure 20) :

- **Une couche interne, l'intine**, constituée de cellulose, de pectines et de protéines qui ont pour origine la microspore ;
- **Une couche externe complexe**, résistante, rigide et hydrofuge, l'exine, constituée de sporopollénine (mélange hydrophobe de polymères de caroténoïdes, d'esters de caroténoïdes oxydés et d'acides gras) (Fraser *et al.*, 2012), de cellulose et de protéines sécrétées par les cellules périphériques du sac pollinique (tapis), c'est-à-dire d'origine sporophytique, alors que l'intine est d'origine gamétophytique (Theissan & Seedler, 2001). Cette exine est amincie en des zones caractéristiques permettant le passage de tube pollinique (les ouvertures ou pores) (Feller & Delmas, 1999).



**Fig.20-** Détails de la paroi du grain de pollen (Priou, 2015).

Parmi les protéines de l'exine et de l'intine, certaines sont des enzymes intervenant lors de la reconnaissance pollen-stigmate ou tube pollinique-style, d'autres sont impliquées dans la pénétration du tube pollinique dans le stigmate (zone de réception du pollen au sommet du carpelle) (Marouf & Reynaud, 2007).

A maturité, le grain de pollen se charge en réserves, se déshydrate, entre en vie ralentie et est libéré dans le milieu extérieur, au moment de l'anthèse (Meyer *et al.*, 2008). Les grains de pollen sont alors libérés dans l'atmosphère par déchirure des sacs polliniques (Lallemand, 2012).

### 3.8.2- L'identification des grains de pollen :

L'étude des pollens (la palynologie) dans les sédiments permet de reconnaître la végétation dont ils sont issus. En industries agroalimentaires, l'étude du pollen permet aussi de contrôler l'origine des miels (Laberche, 2004).

L'identification des grains de pollen repose sur un certain nombre de caractéristiques : la coloration, la forme, la taille, le nombre des ouvertures (pores et sillons) et l'architecture (l'ornementation) de la membrane externe (exine) qui est extrêmement variée.

### 3.8.2.1- La coloration :

Le cytoplasme accumule des réserves constituées par des produits caroténoïdes qui donnent au pollen sa coloration jaune et orangée (Ozenda, 2000).

### 3.8.2.2- La forme :

La disposition des apertures entraîne souvent la forme du pollen : ellipsoïdale, sphérique, cubique, octaédrique... (Dajoz *et al.*, 1993).

### 3.8.2.3- La taille :

La taille du grain de pollen varie entre 5 microns (pollen de *Myosotis*) et 250 microns (conifères), la taille moyenne d'un grain de pollen étant de 25-30 microns (Callen, 2010).

### 3.8.2.4- Les apertures :

Les apertures sont les sites de la paroi dépourvus d'exine : sillons « apertures longitudinales » ou pores « apertures rondes ou ellipsoïdales » de forme variable où l'exine fait défaut. C'est au niveau des apertures que germe le tube pollinique, et que se font les échanges avec l'extérieur (échanges hydriques et respiration notamment ; Heslop-Harrison, 1979 ; Edlund *et al.*, 2004).

Les apertures ont également une fonction mécanique, dans la mesure où elles permettent l'accommodation des variations de volume, ou harmomégaie (Wodehouse, 1935; Payne, 1972). En effet, la rigidité de l'exine n'autorise que peu de déformations, et les apertures forment des zones plus souples capables d'ajuster la paroi face aux déformations.

Les grains de pollen ont un contour et une disposition bien définis suivant les espèces ; l'exine y est modifiée, souvent amincie. Fondamentalement, chez les Gymnospermes, Angiospermes primitives et les Monocotylédones, l'aperture est un sillon situé à un pôle du pollen. Chez les Dicotylédones, il s'agit de trois sillons disposés à l'équateur. Avec l'évolution, ces types d'apertures se sont complexifiées (Meyer *et al.*, 2008).

#### - Types polliniques :

La figure 21 ci-dessous illustre une partie de la diversité des apertures observées chez les Angiospermes. Nous voyons que le nombre, la forme, mais aussi la disposition des apertures sont variables : par exemple, chez les espèces tricolpées et tricolporées les apertures sont équatoriales, tandis qu'elles sont réparties sur toute la surface du grain de pollen chez les espèces pantocolpées et pantoporées.

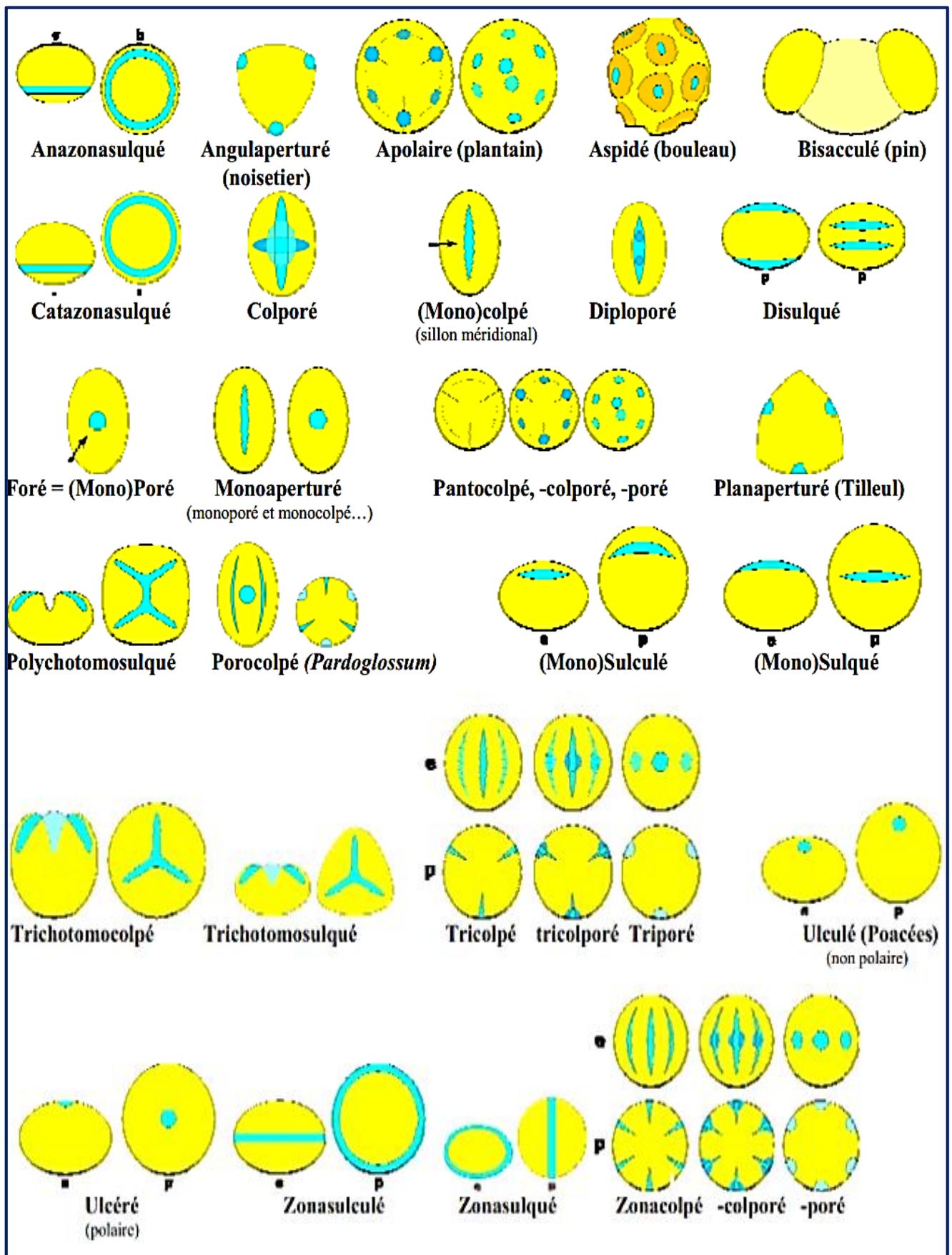


Fig. 21- Principaux type de pollen en fonction du type d'aperture (e= vue équatoriale, p= vue polaire)  
(Douzet, 2007).

3.8.2.5- L'ornementation :

L'ornementation du grain de pollen peut être constituée de sculptures, d'épines, d'aspérités plus ou moins saillantes, de granulosités et de microspores (Hoen, 1999) (figure 22 a, b).

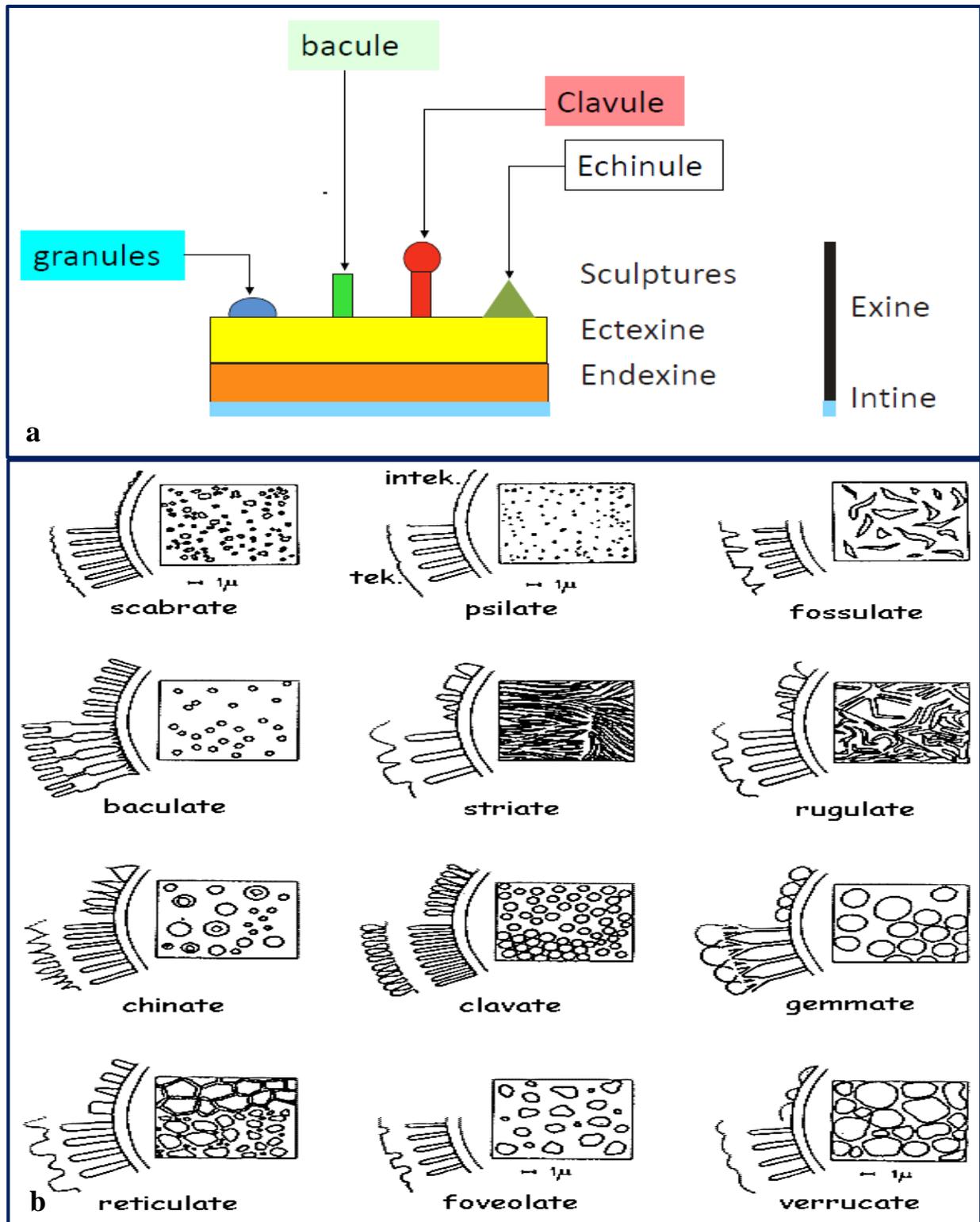


Fig. 22- Principaux type d'ornementation (Vaughn, 2008)

### 3.8.3- Les caractéristiques du pollen :

Les caractéristiques du pollen sont corrélées au mode de pollinisation :

- Les plantes à pollinisation anémophile produisent une grande quantité de grains de pollen de petite taille (10 à 15  $\mu\text{m}$ ) et dont la paroi est faiblement ornementée ;
- Les plantes à pollinisation entomophile produisent moins de pollen, avec des grains de plus grande taille (jusqu'à 200-250  $\mu\text{m}$ ). L'exine présente des ornements et un enduit visqueux favorisant l'accrochage aux soies des insectes (Boullard, 1988).

La composition du pollen est très variable. Néanmoins, les composants suivants s'y retrouvent de façon constante : protéines (environ 20%), glucide (25 à 48 %), vitamines (surtout B, C, carotène et caroténoïdes) et sels minéraux (environ 3 %) (Hugel, 1962).

### 3.8.4- Intérêt du grain de pollen comme modèle d'étude :

Le grain de pollen est un bon modèle pour étudier les processus évolutifs, le développement, et les interactions entre ces deux composantes de la morphologie, et ce pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, le pollen et les microspores constituent un matériel facile à prélever et à conserver. Concernant les prélèvements en milieu naturel, la quantité de matériel est en général largement suffisante pour les besoins de l'étude.

L'observation du pollen et de la microsporogénèse sont également simples à réaliser au microscope. De plus, il existe une quantité extraordinaire de données sur la morphologie du pollen (Erdtman, 1952; Paldat, 2015).

Les grains de pollen ont depuis longtemps retenu l'attention des botanistes, et la littérature ancienne et récente sur les différentes formes de pollen représente une mine d'informations facilement accessible. De plus, l'herbier du Muséum National d'Histoire Naturelle contient une palynothèque qui est une source de matériel et de connaissances importante.

Le pollen est impliqué dans la reproduction. Si on se focalise sur le type apertural, nous avons vu que les ouvertures jouaient un rôle important dans la survie du grain de pollen, ainsi que dans la mise en place du tube pollinique (Edlund *et al.*, 2004).

### 3.9- Le tube pollinique :

Picton et Steer (1982) donnent une définition du tube pollinique : « un tube pollinique en croissance est une cellule unique, enfermant les cellules spermatogènes, qui s'étend vers les tissus reproducteurs femelle par la croissance de son extrémité, pouvant former une structure ayant plusieurs millimètres de long ».

C'est l'intine, membrane interne du grain de pollen, qui donne naissance au tube pollinique. La croissance du tube pollinique se fait, en partie, grâce à l'addition de fragments de membrane à l'extrémité du tube en croissance. Cependant, cette fusion n'est pas suffisante pour qu'on observe la progression du tube. Le réseau de microfilaments qui assure la rigidité du tube pollinique doit être suffisamment détendu pour que la pression osmotique interne du tube permette l'allongement (Mesquida *et al.*, 1987).

Les facteurs qui interviennent dans l'allongement du tube pollinique sont influencés par la concentration du milieu en ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) (Picton & Steer, 1983, figure 23).

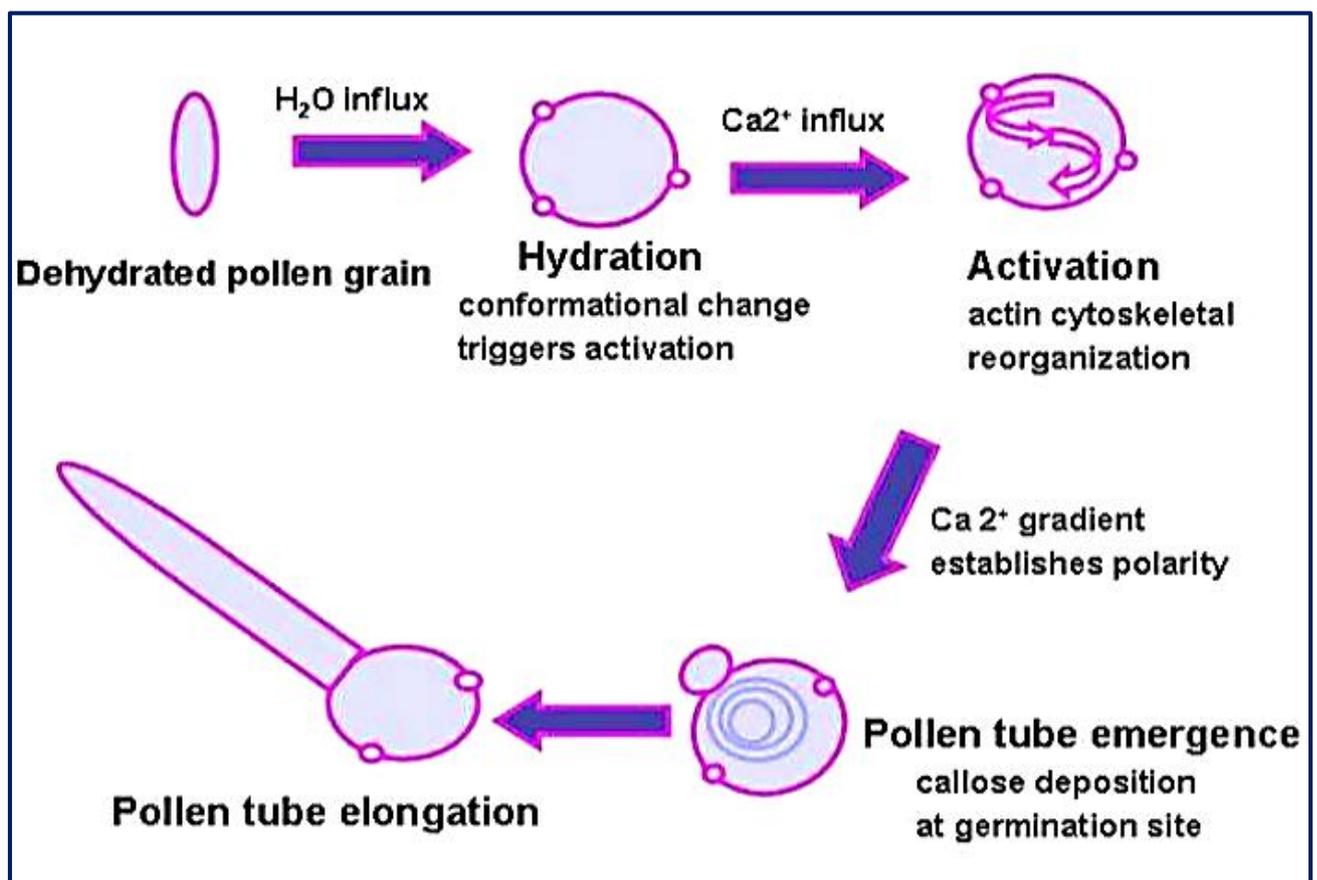


Fig.23- L'élongation de tube pollinique (Picton & Steer, 1983)

### 3.9.1- Composantes structurales du tube pollinique

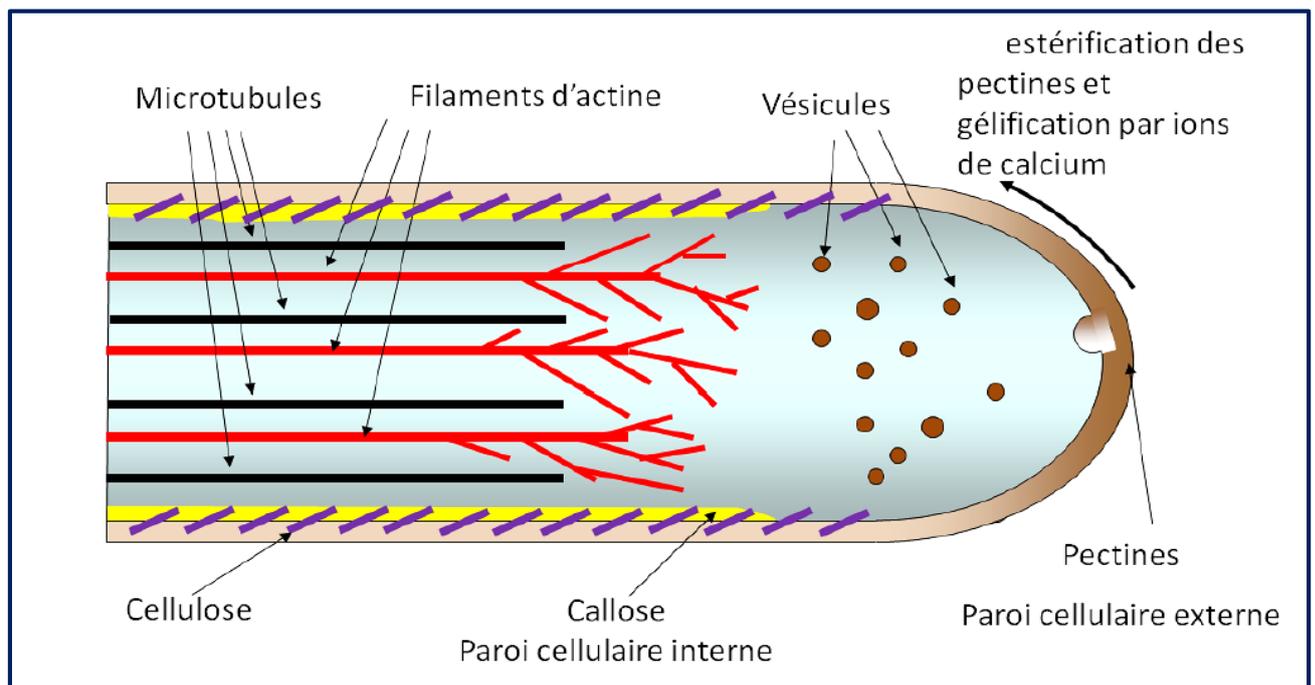
#### 3.9.1.1- Cytosquelette

A l'intérieur des cellules végétales un système de transport assure le déplacement de matériaux entre les différents compartiments de la cellule et entre l'intérieur et la périphérie. Le transport se fait par des protéines motrices qui bougent sur un système de "rails", le cytosquelette, composé des filaments d'actine et des microtubules. Dans le tube pollinique ces structures contribuent à transporter et mettre en place les matériaux nécessaires à la croissance et à la maintenance de la cellule (Fayant, 2010).

#### 3.9.1.2- Paroi cellulaire

La paroi cellulaire du tube pollinique comprend plusieurs matériaux qui contribuent à l'obtention de propriétés bien spécifiques à ses fonctions de croissance entre autres (Geitmann & Steer, 2006). Parmi les plus importants dans leur rôle et leur présence, on trouve la pectine, la cellulose et la callose.

Au début de sa croissance le tube pollinique se présente comme suit (figure 24).



**Fig.24** - Architecture du tube pollinique (Fayant, 2010).

### 3.9.2- Composition de milieu de germination :

Brewbaker et Kwack (1963) ont établi que les besoins physiologiques pour le développement du tube pollinique sont en générale assez faibles. Les milieux les plus simples contiennent du saccharose, du calcium et de bore, dont les concentrations varieront selon les besoins nutritifs du pollen. De plus d'autres composés pourront être ajoutés.

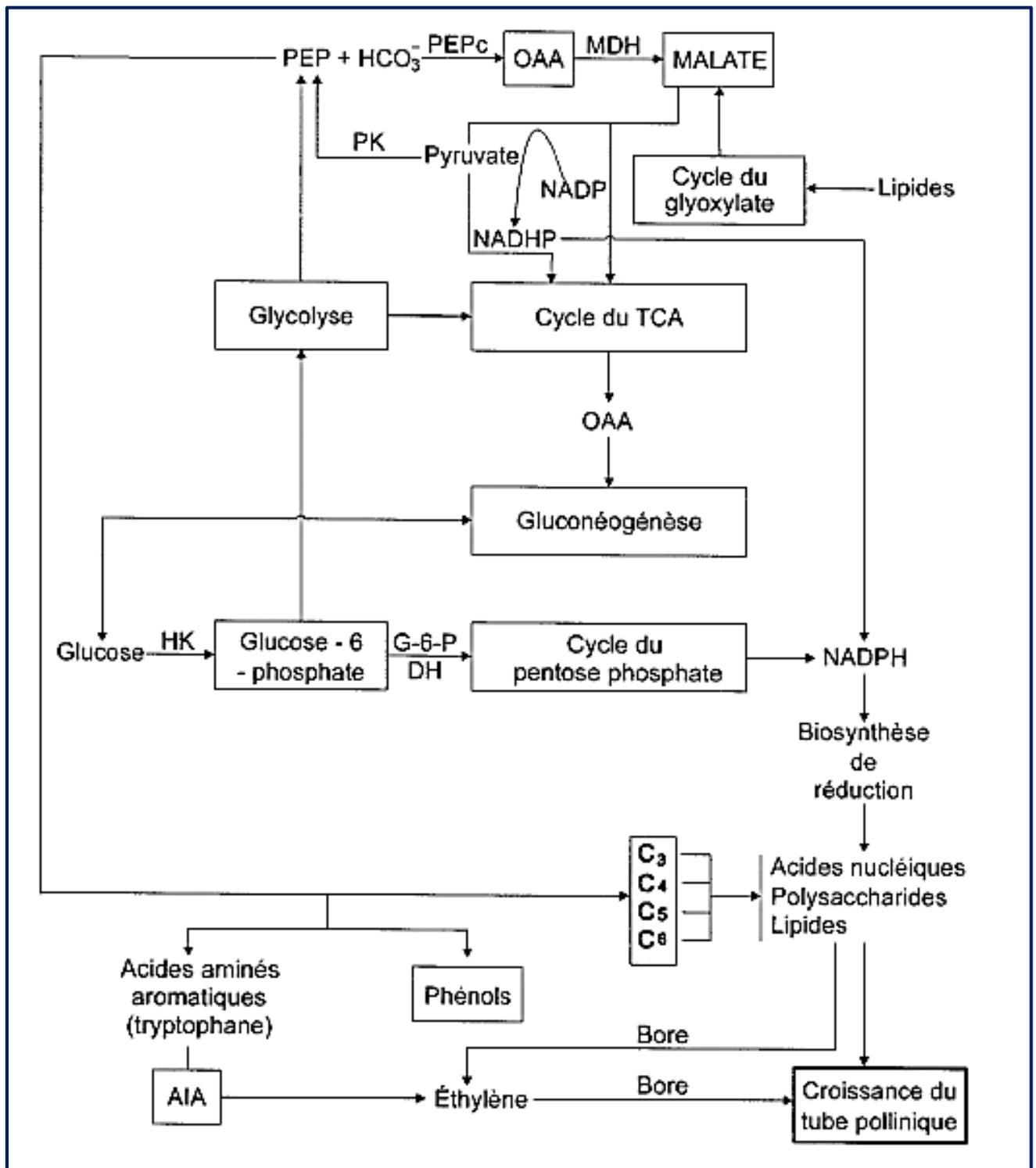


Fig.25- Mécanismes biochimiques en cause lors de l'allongement du tube pollinique (Colas & Mercier, 2000).

### 3.10- La conservation des grains de pollen :

La conservation de pollens viables présente des avantages certains de point de vue des ressources génétiques, indiquait déjà le chercheur Charrier en 1990. Cependant, il déplorait l'absence de banque de pollen.

Parmi les nouvelles méthodes de conservation de pollen, on cite :

#### - La réfrigération :

Où la poudre de pollen est conservée dans des bocaux en verre. Boughediri (1985) rapporte que ce procédé est peu efficace pour les banques de pollen, car la durée de conservation est très longue.

#### - La congélation :

Tisserat & de Masson (1980) rapportent que la conservation du pollen dans l'azote liquide (-196 °c) est une méthode très efficace.

#### - La dessiccation :

La conservation du pollen dans le dessiccateur, placé dans une chambre froide et contenant du chlorure de calcium anhydre, montre une viabilité supérieure à celle du pollen nuis dans les deux dispositifs précédents (Babahani & Bouguedoura, 2009).

#### - La lyophilisation :

Ce procédé de conservation permet en éliminant le solvant (eau) d'obtenir un extrait sec qui se conserve à la température ambiante (Boughediri, 1985).

### 3.11- La banque de pollen :

La banque de pollen des arbres fruitiers a été créée en 1988 par le Service de la génétique, de la reproduction et de l'écologie du ministère des Ressources naturelles. Cette banque est actuellement située à Québec dans les locaux de la direction de la recherche forestière (Callen & Cerceau, 1992).

La qualité du pollen est un outil indispensable à la création d'une banque.

L'importance d'une banque de pollen est indéniable. Une réserve de pollen est nécessaire à la réalisation de plusieurs travaux de pollinisation et de recherche (figure 26).

La banque de pollen présente de nombreux avantages comme la conservation de grandes quantités de pollen et la représentation de très nombreux génotypes d'une même espèce. Plus spécifiquement, une banque de pollen permet de faciliter les travaux de pollinisation artificielle (Mercier, 1995) et de conserver les ressources génétiques (Schoenike & Bey, 1981).

Cependant, outre l'intérêt des pollens du point de vue biologique dans la fécondation des plantes à fleur, ils peuvent occasionner des réactions anormales et inadaptées chez certains organismes dont les humaines, réactions qualifiées d'allergie.

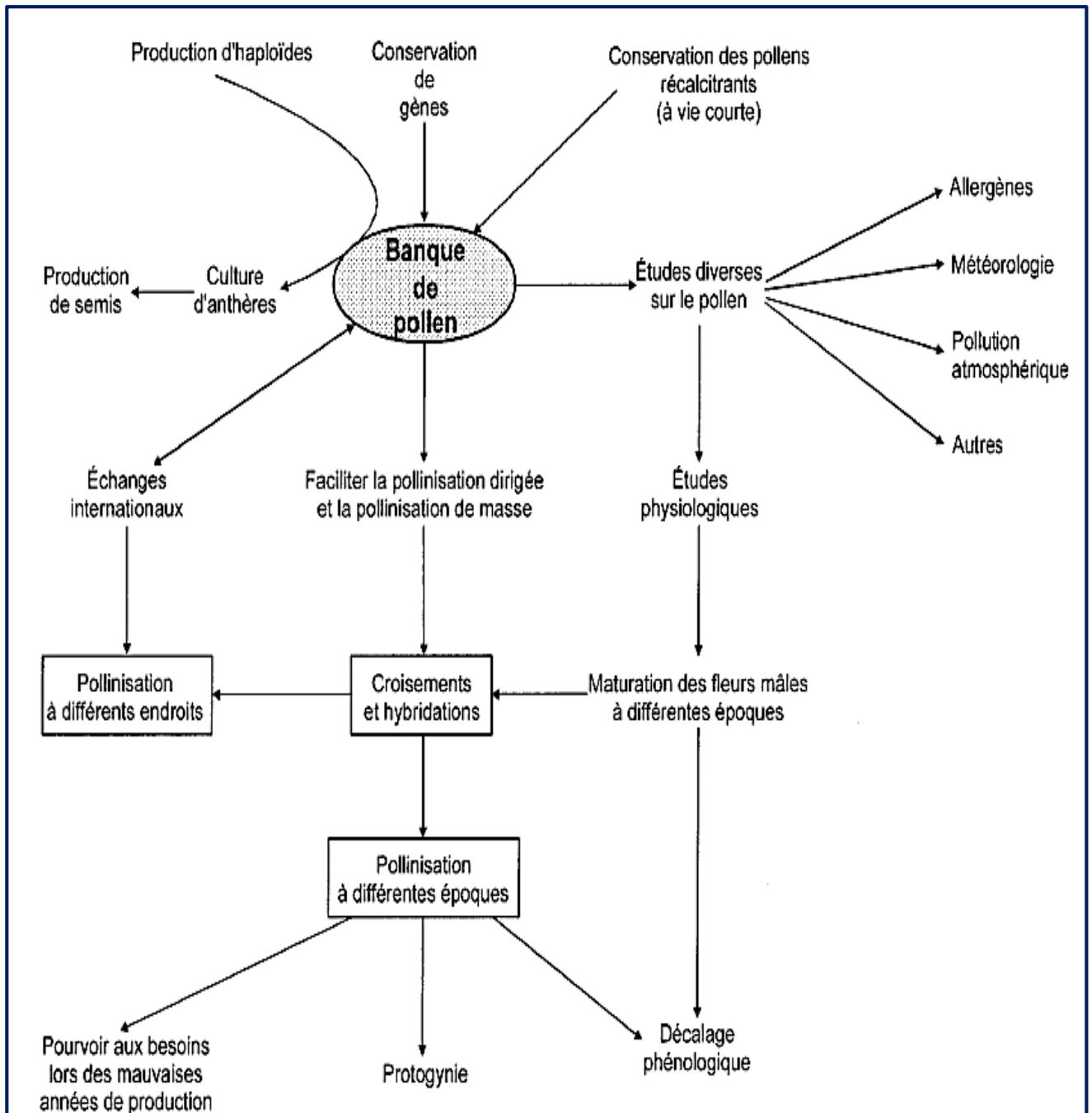


Fig. 26- Différents rôle d'une banque de pollen (Colas & Mercier, 2000).

### 3.12- L'obtention d'haploïdes à partir des organes mâles :

L'androgénèse a été la première voie d'obtention d'haploïdes in vitro. Les plantes haploïdes ont été obtenues par culture d'anthères. Plus récemment, la culture de microspores (grains de pollen immatures) a été mise au point et tend à se développer (Hicour, 2002).

#### 3.12.1- Culture d'anthères :

L'androgénèse est la voie d'haplodiploïdisation privilégiée chez le blé, car il est relativement facile de mettre en culture un très grand nombre d'anthères. Ainsi, cette technique a été mise en place dans les programmes de sélection du blé tendre.

Les épis sont récoltés au stade montaison d'où les anthères sont extraites en conditions stériles. Elles sont mises en culture en boîtes de Pétri sur des milieux spécifiques, induisant le développement embryonnaire des microspores ((Picardie, 1999).

Les boîtes de Pétri sont ensuite placées dans des chambres de culture où l'éclairage, la température et l'humidité sont contrôlés pour favoriser l'androgénèse. Quelques semaines après la mise en culture des anthères, les embryons haploïdes apparaissent. Ils sont prélevés sous loupe binoculaire et repiqués sur des milieux nutritifs permettant une différenciation des tissus et l'induction du développement de la plante. Les plantules bien développées sont à nouveau repiquées en tube (Robert, 2002). Cette voie androgénique a pu être mise au point également sur le colza, l'orge, l'asperge, le piment et l'aubergine.

#### 3.12.2- Culture de microspores :

La culture d'anthères n'est pratiquement plus utilisée chez le colza, en raison du progrès apporté par la culture de microspores.

Les boutons floraux sont sélectionnés sur les inflorescences. Les grains de pollen immatures sont isolés mécaniquement par broyage des boutons. On induit directement la formation d'embryons par la culture des microspores en milieu liquide agité. A partir d'embryons de trois semaines, il est ensuite possible de régénérer des plantes. Les rendements en embryons sont assez élevés chez le colza de l'ordre de 80 à 200 embryons par anthère. La variété de colza d'hiver Goéland, inscrite en 1990, est issue de cette technique, également utilisée sur maïs, blé, orge, riz et tabac (Haicour, 2002).

### 3.13- La palynologie :

Science qui recherche et caractérise les grains de pollen, elle apporte des éléments utiles dans les études de systématique végétale. Elle se différencie en trois applications (Reille, 2013):

- **La paléopalynologie** : est l'étude des pollens fossiles, permet de donner des informations sur le climat et la végétation (Pons & Quezel, 1957).
- **L'aéro-palynologie**: qui consiste à analyser la présence des pollens véhiculés par l'air, car ce sont ceux que nous pourrions inhaler et qui provoqueront les allergies.

Le capteur situé à 12 mètres de haut aspire l'air à un débit correspondant à peu près à la respiration humaine (10 litres/minute) (Rigollot, 1971).

Les grains de pollen sont piégés sur des bandes adhésives.

- **La mélissopalynologie** : est l'étude des pollens présents dans le miel (Pons, 1966).

### **3.14- L'allergie au pollen :**

On sait, depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, que le pollen des plantes et des arbres peut provoquer des allergies appelées pollinoses, maladies environnementales qui deviennent des réels problèmes de santé publique. Depuis les années 1970, elle augmente de 30 à 40 % tous les dix ans. Les pollinoses concernent 30 % des adultes et 6 à 9 % des enfants, paradoxalement plus en ville qu'à la campagne. Elles ne sont plus des affections uniquement printanières, mais surviennent aussi en hiver et en automne.

L'allérgénicité dépend de multiples facteurs (taille, caractéristiques de la surface du grain de pollen...).

L'allérgénicité au pollen varie d'une espèce à l'autre. Elle est principalement déterminée par le nombre et la nature des allergènes (essentiellement des protéines) du pollen d'une espèce et par le nombre de grains de pollen présent dans l'atmosphère (Picardie, 1999).

Les allergènes polliniques se trouvent à la périphérie des grains de pollen, dans l'exine d'où ils sont rapidement libérés, mais également à l'intérieur dans l'intine et les cytoplasmes.

Tous les pollens ne sont pas dangereux. Pour provoquer une réaction allergique, il faut :

- que le pollen d'arbre ou de graminée soit émis en grande quantité ;
- qu'il soit de petite taille ;
- qu'il est un fort pouvoir allergisant.

D'autres facteurs peuvent intervenir :

- la présence simultanée de plusieurs pollens allergisants ;
- la pollution atmosphérique ;
- l'existence de réactions croisées (entre des pollens de même famille ou avec certains aliments).

### **3.15- Conseils pour se prémunir pendant la saison pollinique** ([www.pollenetallergie.ch](http://www.pollenetallergie.ch)):

Afin d'éviter au maximum l'exposition aux pollens, il est bon de surveiller le calendrier, les bulletins polliniques et de suivre les conseils suivants :

A éviter :

- se promener par temps sec, ensoleillé et venteux dans les zones à risques (champs, forêts).
- aérer la maison et sortir en milieu de matinée et en fin d'après-midi car ce sont des périodes de forte concentration pollinique dans l'air.
- sécher de linge à l'extérieur : les pollens se déposent sur les objets humides.

A faire :

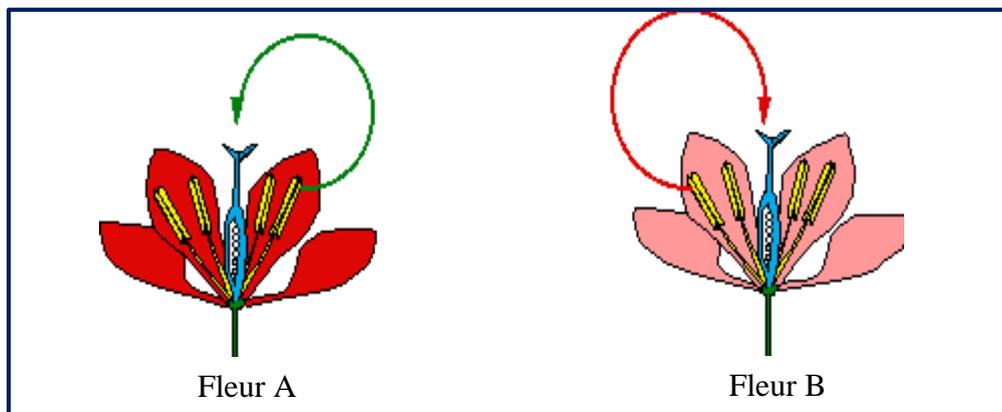
- préférer les bords de mer pour les vacances car la concentration en pollens est plus faible dans ces régions.
- changer de vêtements après les sorties afin diminuer un maximum de pollens qui se seraient fixés sur vous.
- rouler les fenêtres fermées, en voiture.

### 3.16- La pollinisation :

La pollinisation est le transport des grains de pollen depuis les étamines jusqu'au stigmate (Pesson & Louveaux, 1984).

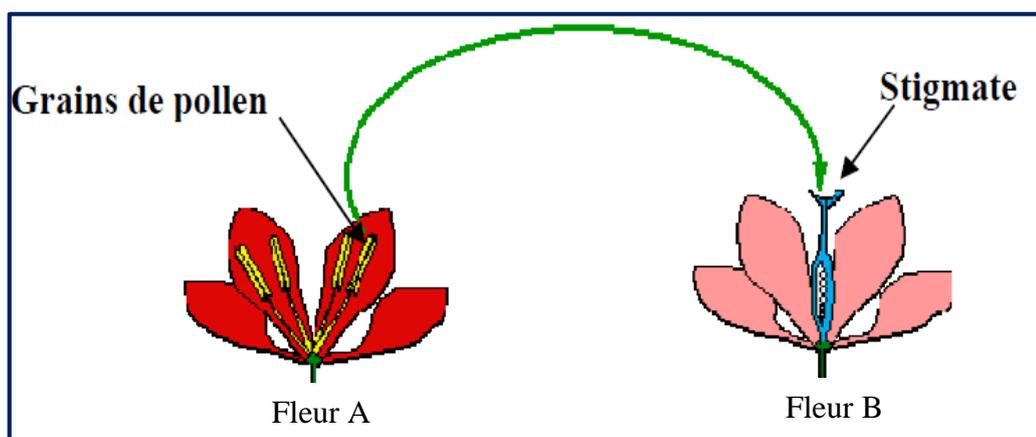
Il existe deux types de pollinisation :

- **L'autopollinisation** correspond à la pollinisation entre deux organes reproducteurs d'une même plante (cas d'une fleur hermaphrodite et de plantes monoïques) (figure 27).



**Fig.27-** Pollinisation directe ou autopollinisation (Raven *et al.*, 2007).

- **La pollinisation croisée**, quant à elle, correspond au transfert du pollen de l'anthere d'une plante au stigmate d'une autre. Ce mode de pollinisation est obligatoire chez les plantes dioïques, mais se produit fréquemment chez les plantes monoïques ou à fleur hermaphrodites car ce type de pollinisation augmente la variabilité génétique de la descendance (Nabors, 2008). Dans ce cas, le transfert de pollen nécessite l'intervention d'un vecteur (figure 28).



**Fig.28-** Pollinisation croisée ou hétéropollinisation (Raven *et al.*, 2007).

Différents mode de pollinisation sont définis en fonction du vecteur (Demalsy, 1990) :

- l'anémophilie ou anémogamie : le pollen est transporté par le vent (pollen souvent petit, peu ornementé, et le manteau pollinique pratiquement absent).
- zoophilie : la pollinisation est assurée par les oiseaux, les chauves-souris, les souris (le pollen a souvent de grandes dimensions).
- amphiphilie : la pollinisation se fait par les insectes puis par le vent
- et surtout, les insectes (mouches, abeilles, papillons...) (entomophiles).

Dans ce dernier cas, les insectes sont attirés par la forme de la fleur, les couleurs et les odeurs du périanthe, du nectar, du pistil et surtout de pollen (Quezel & Santa, 1962).

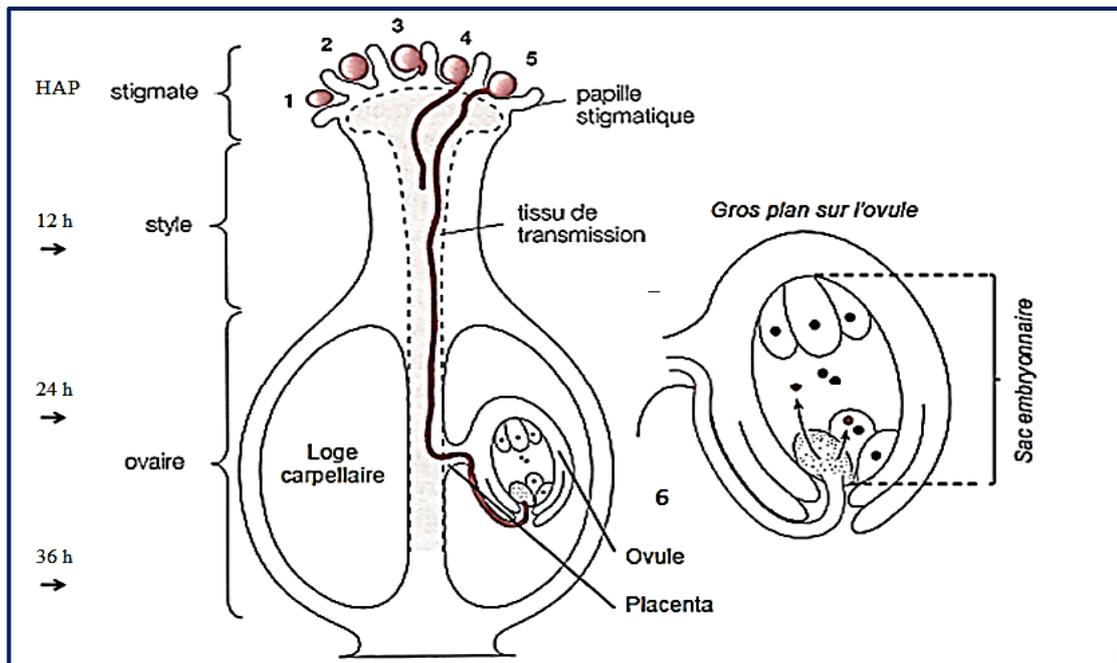
- Hydrophilie : la pollinisation a lieu dans l'eau.

### **3.16.1- Les étapes de la pollinisation** (figure 29):

- 1- La germination des grains de pollen intervient au contact des papilles stigmatiques couvertes de mucilage
- 2- L'eau stigmatique est alors absorbée au niveau des parties amincies de l'exine (apertures). Le gonflement du cytoplasme, qui était déshydraté, permet l'émergence de tube pollinique, limité par l'intine, au niveau de l'une des apertures (Bawa, 1995).
- 3- Après l'attaque enzymatique de la cuticule et de la paroi des cellules stigmatiques, le tube pollinique pénétré dans le style. Son allongement résulte d'une intense synthèse pariétale à son extrémité, accompagnée de l'écoulement progressif du cytoplasme (Robert & Catesson, 2000).
- 4- La zone cytoplasmique distale est particulièrement riche en dictyosomes de l'appareil de Golgi et en mitochondries. Le noyau végétatif est situé immédiatement en arrière, suivi de deux gamètes mâles.
- 5- La croissance de tube pollinique est très importante à cette échelle : jusqu'à 10 mm par heure. Ce développement nécessite donc une intense activité métabolique qui ne peut provenir des faibles réserves du grain de pollen (Vallade, 1999).

La nutrition de tube pollinique en cours de croissance et donc essentiellement assurée par les produits prélevés sur les cellules et les tissus du style. A ce titre, le gamétophyte mâle est considéré comme un parasite du sporophyte (Ducreux, 2002).

- 6- Entrée dans l'ovaire et fécondation.



**Fig. 29-** Représentation schématique temporelle des stades d'interaction entre les grains de pollen d'une Angiosperme et les différents tissus récepteurs femelles.

1- Adhésion des grains de pollen. 2- Hydratation. 3- Germination. 4- Pénétration des tubes polliniques. 5- Croissance à travers le tissu transmissif. 6- Entrée dans l'ovaire et fécondation. HAP : heures après pollinisation. Le temps est une approximation (d'après Kleman, 2001).

### 3.16.2- L'incompatibilité génétique :

L'incompatibilité et l'auto-incompatibilité génétiques sont fréquentes pour de nombreuses espèces d'Angiospermes et se définissent par l'identité d'allèles sur un ou plusieurs locus des deux plantes impliquées dans la relation (Frankel & Galun, 1977). Par divers mécanismes de reconnaissance et de rejet, les cellules du tissu maternel peuvent discriminer le pollen d'une même espèce ou d'espèces très rapprochées par l'échange des informations chimiques entre l'exine et les papilles du stigmate.

### 3.17- La fécondation :

La fleur des Angiospermes est, dans la plupart des cas, hermaphrodites. C'est-à-dire qu'elle réunit l'organe mâle (les étamines qui portent le pollen) et l'organe femelle (le pistil et ses stigmates qui captent le pollen ainsi que le carpelle qui contient les ovules) (Spichiger *et al.*, 2009).

A partir de cette configuration, il existe principalement deux hypothèses de fécondation :

- La fleur est fécondable par son propre pollen ou par le pollen d'une autre fleur. C'est autopolinisation, et la plante est dite auto-fécondable, autofertile, autogame.
- La fleur n'est pas fécondable par son pollen à cause d'une auto-incompatibilité d'ordre génétique ou physiologique et la plante est dite autostérile, allogame.

La dioecie (fleurs mâles et fleurs femelles sur deux plantes séparées) concerne environ 4 % des Angiospermes.

Différents étapes séparent l'arrivée d'un grain de pollen sur le stigmate et la formation de graines. Dans un premier temps, le pollen se réhydrate et émet un tube pollinique. Ce dernier pénètre dans la couches cellulaires stigmatiques, se développe dans le style et atteint l'ovaire. Il pénètre ensuite dans l'ovule puis dans le sac embryonnaire avant de libérer les deux gamètes qu'il contient, il s'en suit une fécondation et le développement de l'embryon (figure 29) (Cheung, 1995).

L'ensemble des étapes ont lieu uniquement dans le cas de pollinisations compatibles. Dans le cas de pollinisations incompatibles, différents mécanismes empêchent le développement du pollen afin d'éviter l'autofécondation ou le développement de pollen d'espèce différente par exemple.

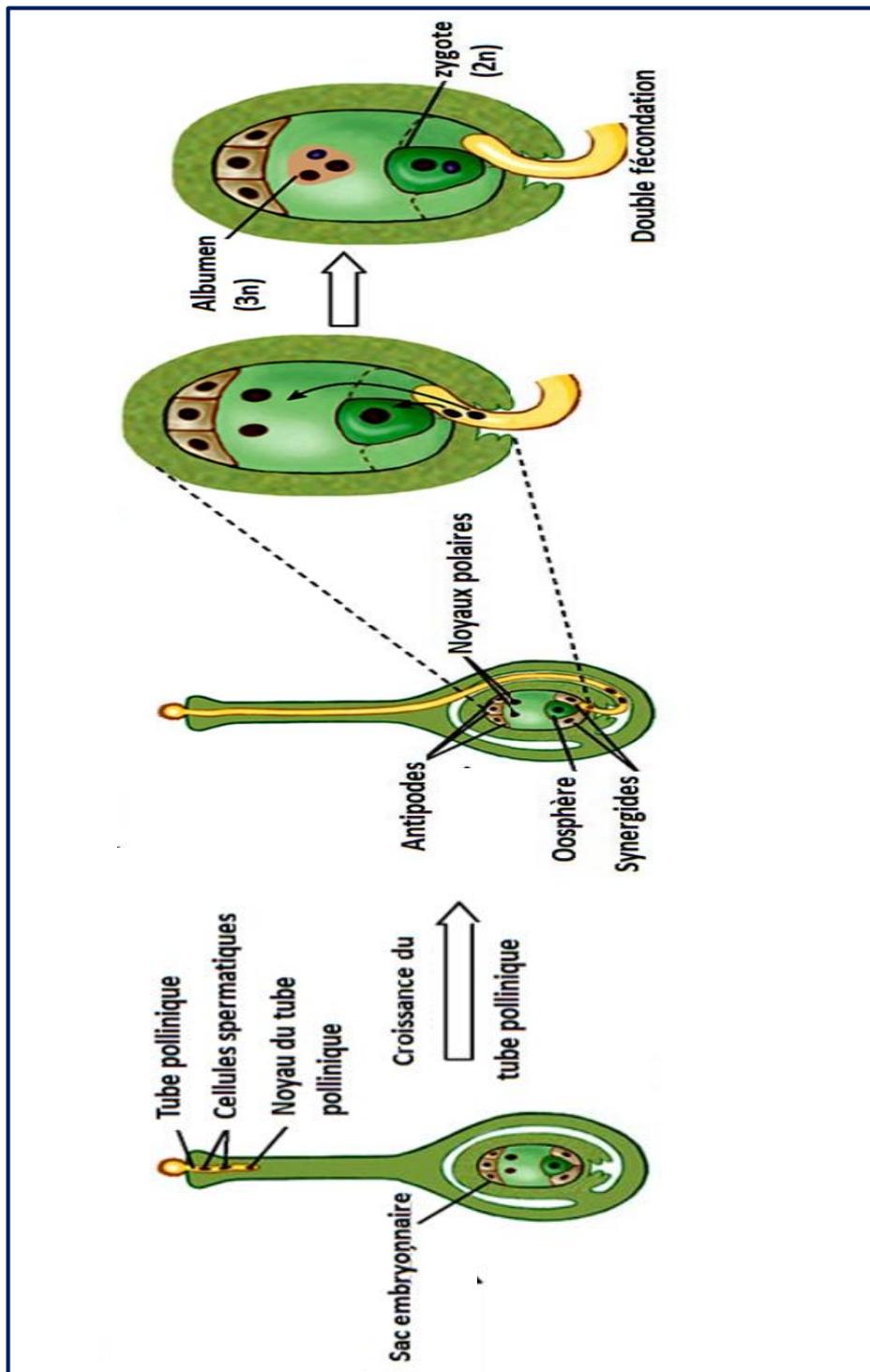


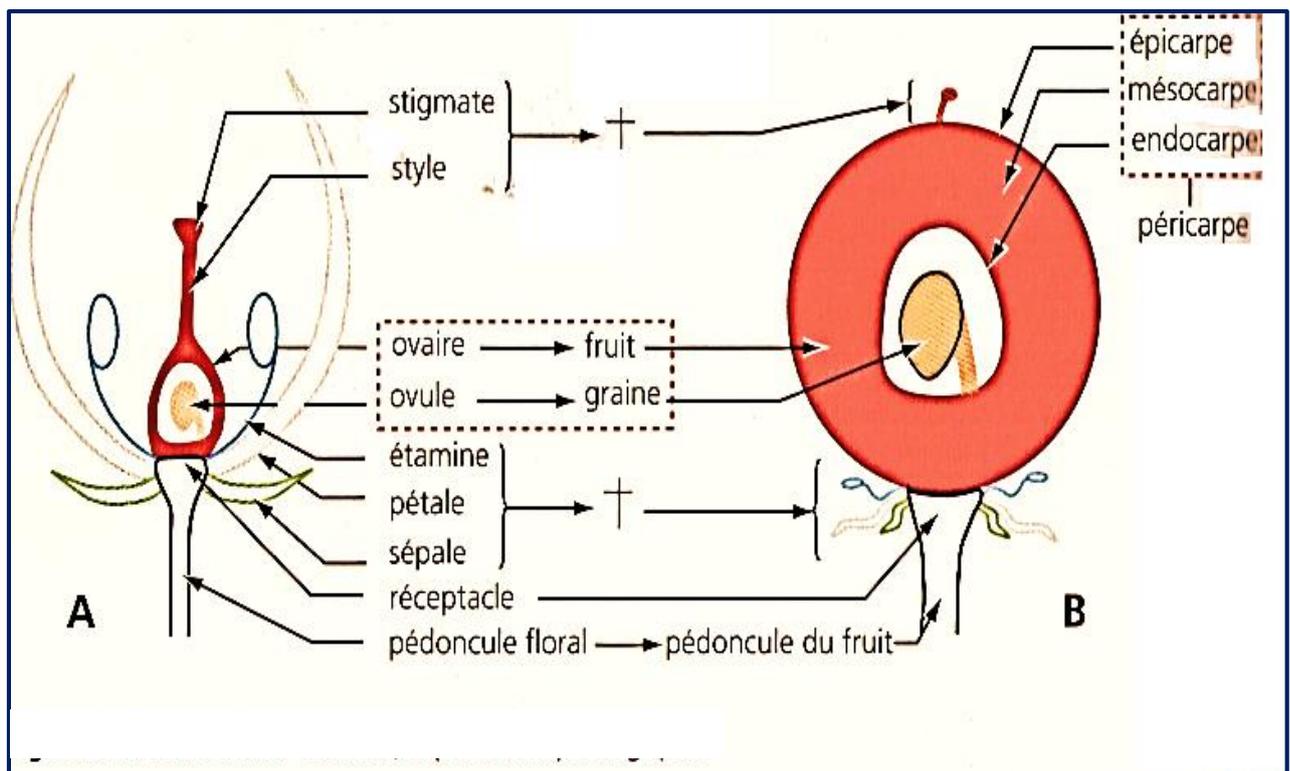
Fig.30- La double fécondation (Dumas, 2000) modifiée.

**3.18- Formation de la graine :**

La double fécondation entraîne la transformation de l'ovule en graine.

Dans un premier temps, la fusion du gamète mâle avec l'oosphère se traduit par la formation d'un embryon avec un ou deux cotylédons. L'albumen résultant de la fusion d'un des deux gamètes mâles avec les deux noyaux polaires se développe aux dépens du nucelle, ce qui provoque le gonflement de l'ovule. Ce sont les organes pouvant stocker des réserves (Nabors, 2008).

A maturité, une graine est donc constituée de téguments desséchés enfermant un embryon accompagné de ses réserves (figure 31).



**Fig.31- De la fleur au fruit, aspect morphologique (Russell, 1992).**

Le tableau V explique la transformation de la fleur aux fruit et graines (Puech, 2015).

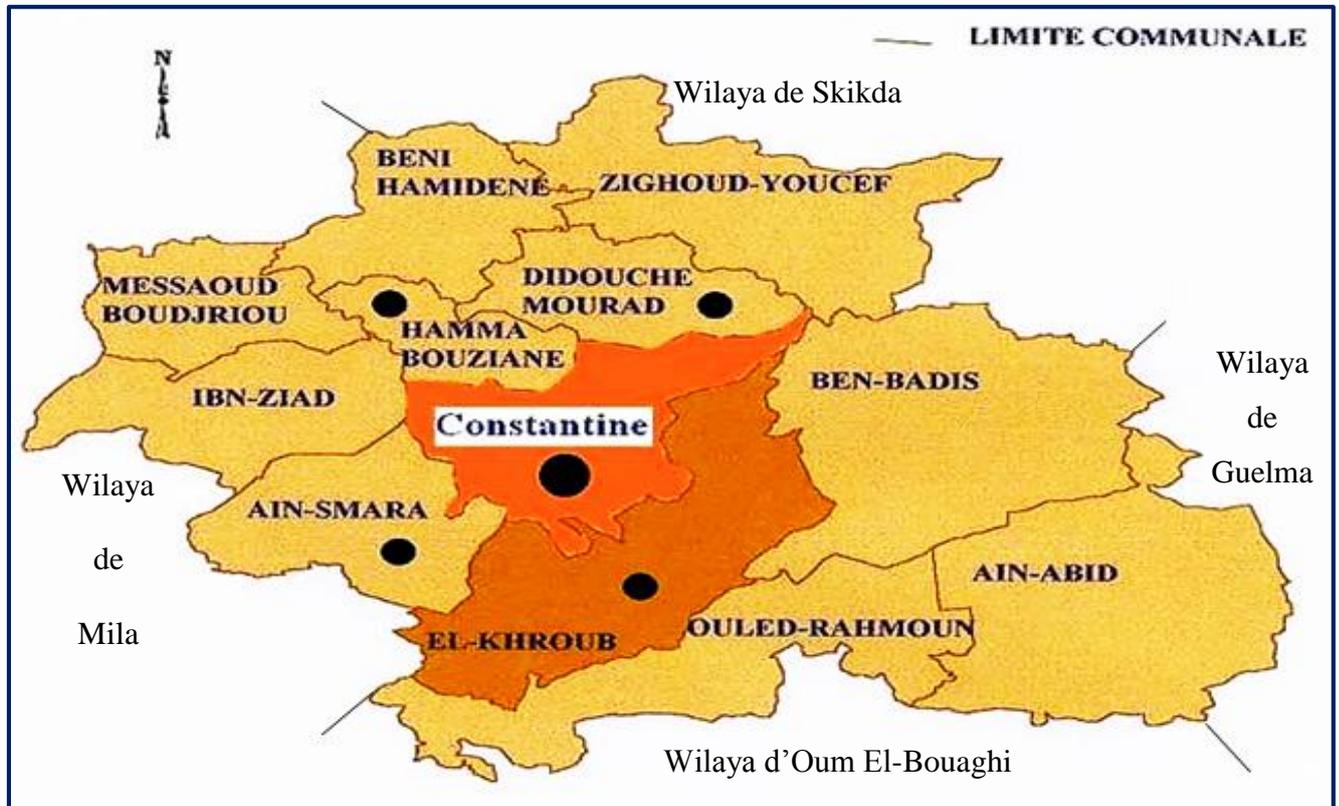
De la fleur	aux	fruit et graines
Pédoncule de la fleur	→	pédoncule du fruit
Sépales	→	reste parfois des traces
Pétales	→	sèchent et tombent
Etamines	→	sèchent et, le plus souvent, tombent
Carpelles (forment ovaire du pistil)	→	fruit
Et parfois réceptacle de la fleur	→	
Ovules fécondés par le pollen	→	graines

## Chapitre II :

## Matériels et Méthodes

### 1. Zone d'étude :

L'étude que nous présentons est réalisée dans la région de Constantine qui est située au Nord-est de l'Algérie avec 500 Km<sup>2</sup> de superficie. Elle est limitée par les wilayates de Jijel au Nord et de Skikda au Nord-Est, au nord-ouest par Mila, au sud-est par Oum El Bouaghi, à l'Ouest par Sétif et à l'est par Guelma (figure 31).



**Fig.32-** La situation géographique de la wilaya de Constantine (D.S.A, 2008).

La wilaya de Constantine se caractérise par un climat sec en été avec une photopériode assez longue et un hiver froid avec une photopériode relativement courte.

### 2. Matériel végétal :

Notre travail a été effectué au laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université des Frères Mentouri Constantine I (Algérie).

Les espèces que nous avons utilisées dans nos expériences sont présentées dans le tableau (VI) suivant

**Tableau VI : Espèces étudiés**

Famille des	Espèces	Centre d'origine
<b>Arecaceae</b> (Arecacées)	<i>Phoenix dactylifera</i> L. ( <b>Palmier dattier</b> )	Au Moyen-Orient et dans le nord de l'Afrique (Moore, 1973).
<b>Astéraceae</b> (Astéracées)	<i>Cynara scolymus</i> L. ( <b>Artichaut</b> )	Originaire de la Méditerranée (Bruneton, 2009).
	<i>Chamaemelum nobile</i> L. ( <b>Camomille romaine</b> )	Originaire des régions de la façade atlantique de l'Europe (Portugal, Espagne, France, Royaume-Uni, Irlande) et d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie) (Dellile, 2007).
	<i>Inula helenium</i> L. ( <b>Grande Aunée</b> )	Plante d'origine asiatique, naturalisée depuis longtemps en Europe ((Dellile, 2007).
<b>Cactaceae</b> (Cactacées)	<i>Opuntia ficus-indica</i> ( <b>Figuier de Barbarie</b> )	Originaire du Mexique (Yousfi <i>et al.</i> , 2013).
<b>Cucurbitaceae</b> (Cucurbitacées)	<i>Cucumis sativus</i> L. ( <b>Concombre</b> )	Originaire du Sud de l'Asie (Chadefaud et Emberger, 1960).
	<i>Cucurbita pepo</i> L. ( <b>Courgette</b> )	Amérique du nord et centrale (Pitrat & Foury, 2003).
	<i>Cucumis melo</i> L. ( <b>Melon</b> )	Originaire des Indes (Free, 1993).
<b>Fabaceae</b> (Fabacées)	<i>Ceratonia siliqua</i> L. ( <b>Caroubier</b> )	Asie Mineure naturalisé sur le pourtour du bassin méditerranéen (Italie, France, Corse, Espagne, Portugal, Afrique du Nord, Grèce, Egypte, Turquie) (konate, 2007).
	<i>Vicia faba</i> L. ( <b>Fève</b> )	Au Proche-Orient ( Pitret & Foury, 2000).
	<i>Pisum sativum</i> L. ( <b>Petit pois</b> )	Originaire de l'Europe du Sud (Miller & Vannier, 1999).
	<i>Cicer arietinum</i> L. ( <b>Pois chiche</b> )	Il est cultivé dans les régions méditerranéennes dont il est originaire (Lebrun, 2011).

<b>Juglandaceae</b> ( <b>Juglandacées</b> )	<i>Juglans regia</i> L. ( <b>Noyer</b> )	Il a été introduit de Perse en Grèce, dès l'Antiquité, puis en Italie par les Romains (Gerard & Germain, 1994).
<b>Lamiacées</b> ( <b>Labiacées ou Labiées</b> ) « <b>Plantes médicinales</b> »	<i>Lavandula stoechas</i> L. ( <b>Lavande</b> )	Originaire de la méditerranée (Guitton, 2010).
	<i>Rosmarinus officinalis</i> L. ( <b>Romarin</b> )	Bassin méditerranéen, Portugal et nord-ouest de l'Espagne (Al-sereitia, 1999).
	<i>Thymus serpyllum</i> L. ( <b>Thym</b> )	En Europe, Asie (Couplan, 2012).
<b>Alliaceae</b> ( <b>Alliacées</b> )	<i>Allium sativum</i> L. ( <b>Ail</b> )	en Asie centrale avec une branche secondaire en Méditerranée et dans le Caucase et une autre en Afghanistan et Nord de l'Inde (Silagy & Neil, 1994).
	<i>Allium cepa</i> L. ( <b>Oignon</b> )	Il est cultivé par l'homme depuis des millénaires, d'abord en Chaldée, puis en Egypte, en Grèce et sur toute l'Europe (Bayer <i>et al.</i> , 2005).
<b>Moraceae</b> ( <b>Moracées</b> )	<i>Ficus carica</i> L. ( <b>Figuier</b> )	Originaire de la Carie, ancienne province d'Asie mineure d'où le figuier est supposé provenir (Gautier, 1987).
	<i>Morus nigra</i> L. ( <b>Mûrier noir</b> )	la Chine au Proche-Orient (Meynadier, 2002).
<b>Oléaceae</b> ( <b>Oléacées</b> )	<i>Fraxinus exelsior</i> L. ( <b>Frêne</b> )	Indigène en Europe (Collin <i>et al.</i> , 1997).
	<i>Jasminum fruticans</i> L. ( <b>Jasmin</b> )	Pourtour méditerranéen et Asie (Guitiàn, 1998).
	<i>Olea europea</i> L. ( <b>Olivier</b> )	Asie Mineure (sud du Caucase et de la Syrie), présent sur le pourtour méditerranéen depuis plus de 20 000 ans (Breton & Bewillie, 2012).
<b>Poaceae</b> ( <b>Poacées</b> )	<i>Triticum durum</i> desf. ( <b>Blé dur</b> )	Il y a 10 000 ans, sur de vastes surfaces au Moyen-Orient (Marchenay, 1987).
	<i>Triticum aestivum</i> L. ( <b>Blé tendre</b> )	
	<i>Hordeum vulgare</i> L. ( <b>Orge</b> )	

<b>Punicaceae</b> (Punicacées)	<i>Punica granatum</i> L. (Grenadier)	Europe, Asie mineure (Hmid, 2014).
<b>Rosaceae</b> (Rosacées)	<i>Prunus amygdalus</i> Stokes. (Amandier)	Proche-Orient (Burni <i>et al.</i> , 2005).
	<i>Prunus armeniaca</i> L. (Abricotier)	Originaire de l'est de l'Asie (Bahlouli <i>et al.</i> , 2008).
	<i>Prunus cerasus</i> L. (Cerisier)	l'Europe et le bassin méditerranéen d'une part, l'Extrême-Orient d'autre part (Tavaud <i>et al.</i> , 2004).
	<i>Cydonia oblonga</i> Mill. (Cognassier)	Ouest de l'Asie (Rosenblatt & Christandl, 2003).
	<i>Fragaria vesca</i> L. (Fraisier)	En Europe , en Asie et en Chine (Ulrich <i>et al.</i> , 2007).
	<i>Rubus idaeus</i> L.(Framboisier)	Originaire d'Europe et d'Asie tempérée (Ghalayini <i>et al.</i> , 2011).
	<i>Prunus Persica</i> var Nectarina Borkh. (Nectarinier)	Originaire de l'Amérique (Cipriana <i>et al.</i> , 1999).
	<i>Eriobotrya japonica</i> Thunb. (Néflier)	Eurasie, cultivé en Europe méridionale et en Asie (Wang <i>et al.</i> , 2017).
	<i>Prunus persica</i> L. (Pêcher)	Chine (Ma <i>et al.</i> , 2003).
	<i>Pyrus communis</i> L. (Poirier)	Europe ( Bretaudeau, 1981).
	<i>Malus domestica</i> Borkh. (Pommier)	très répandu en France (Barrie <i>et al.</i> , 2006).
	<i>Prunus domestica</i> L. (Prunier)	Europe (Lieutaghi, 2004).
<b>Rutaceae</b> (Rutacées)	<i>Citrus aurantium</i> L. (Bigaradier)	est originaire du sud de l'Himalaya (Moraes, 2009).
	<i>Citrus limon</i> L. (Citron)	Chine, Inde, Indonésie (Lamonarca, 1985).
	<i>Citrus reticulata</i> Blanco. (Mandarine)	Originaire de l'Extrême-Orient (Japon, sud de la Chine et Vietnam) où elle est cultivée depuis 3000 ans (Lamonarca, 1985).
	<i>Citrus sinensis</i> L. (Oranger)	Il est originaire de l'Asie du Sud-Est, soit de l'Inde, soit du Viêt Nam ou du sud de la Chine (Collaert, 2014).

<b>Solanaceae</b>  (Solanacées)	<i>Solanum melongena</i> L. <b>(Aubergine)</b>	En Inde (Pitrat & Foury, 2003).
	<i>Solanum lycopersicum</i> L. <b>(Tomate)</b>	Originaire du nord-ouest de l'Amérique du Sud (Sankara <i>et al.</i> , 2005).
	<i>Solanum. tuberosum</i> L. <b>(Pomme de terre)</b>	Originaire de la cordillère des Andes dans le sud-ouest de l'Amérique du Sud (Rousselle <i>et al.</i> , 1996).
<b>(Vitaceae)</b> <b>Vitacées</b>	<i>Vitis vinifera</i> L. <b>(Vigne)</b>	En Asie (Huglin & Schneider, 1998).

**2.1- Méthodes d'étude :**

**2.1.5- Collecte des fleurs**

En raison de l'impact négatif que peut avoir l'eau sur la viabilité du pollen, la récolte doit toujours se dérouler en l'absence de précipitations. La pluie a tendance à projeter le pollen au sol, ce qui réduit le rendement en pollen au moment de la récolte (Nuce *et al.*, 1980).

- La récolte est réalisée à maturité juste avant la déhiscence des sacs polliniques.
- Déposer les fleurs dans des sacs en papier Kraft sur lesquels le nom de l'espèce, la date ainsi le lieu de la récolte sont clairement inscrits (figure 33).



**Fig.33-** La collecte des fleurs.

- Placer les sacs dans une glacière à l’abri de l’humidité.
- Dès leur arrivée au laboratoire, les fleurs doivent subir un premier séchage destiné à éliminer l’eau libre contenue dans les sacs polliniques.
- La technique retenue pour le séchage préalable à l’extraction consiste à laisser les fleurs dans les sacs de papier utilisés pour la récolte durant 16 h à la température de la pièce.

La collecte des échantillons est effectuée selon le calendrier suivant (tableau VII) :

**Tableau VII** : le calendrier d’échantillonnage

Échantillonnages	Espèces présentes	Site d’échantillonnage.
<b>-1- (Novembre- Décembre 2012)</b>	Frêne : 23.12.2012 Néflier : 24.12.2012 Caroubier : 02.11.2012	U M C 1. Hamma bouziene. U M C 1.
<b>-2 - (Mars 2013)</b>	Nectarinier : 28.03.2013 Cognassier : 31.03.2013 Abricotier : 26.03.2013 Romarin : 31.03.2013	El-khroub. El-khroub. El-khroub. U M C 1.
<b>-3- (Avril 2013)</b>	Bigaradier : 23.04.2013 Palmier dattier : 23.04.2013 Camomille : 30.04.2013 Pommier : 08.04.2013 Petit pois : 30.04.2013 Oranger : 20.04.2013 Courgette : 26.04.2013 Jasmin : 30.04.2013 Figuier : 11.04.2013	Hamma bouziene. U M C 1. U M C 1. El-Kharoub. Didouche Mourad Hamma bouziene. Hamma bouziene. U M C 1. Hamma bouziene.
<b>-4- (Mars 2014)</b>	Prunier : 24.03.2014 Fraisier : 25.03.2014	hamma bouziene Chaab arsas (U M C 1).
<b>-5 - (Mai 2014)</b>	Grenadier : 22.05.2014 Pois chiche : 26.05.2014 Concombre : 07.05.2014 Olivier : 12.05.2014 Tomate : 20.05.2014	Hamma bouziene. Didouche Mourad Hamma bouziene. Hamma bouziene. Hamma bouziene.
<b>-6 - (Janvier- Février 2015)</b>	Néflier : 12.01.2015 Amandier : 28.02.2015	El-Kharoub. El-Kharoub.
<b>-7- (Avril- Mai 2015)</b>	Cerisier : 26.04.2014 Petit pois : 10.04.2015 Poirier : 08.04.2015 Citronnier : 24.04.2015 Olivier : 28.05.2015 Pêcher : 11.04.2015 Blé tendre : 04.05.2015 Fève : 12.04.2015	El-Kharoub. Didouche Mourad El-Kharoub. Hamma bouziene. Bekira. El-Khroub. Chaab arsas (U M C 1). Didouche Mourad.

<p align="center"><b>-8-</b> <b>(Avril- Mai 2016)</b></p>	<p>Figuier de barbarie : 18.05.2016  Noyer : 08.04.2016  Blé dur : 03.05.2015  Orge : 03.05.2015  Ail : 30.05.2016  Aubergine : 15.05.2016</p>	<p>Bekira.  El-Khroub.  Chaab arsas (U M C 1).  Chaab arsas (U M C 1).  Didouche Mourad  Hamma bouziene.</p>
<p align="center"><b>-9-</b> <b>(Juin 2016)</b></p>	<p>Oignon : 12.06.2016  La vigne : 12.06.2016</p>	<p>Didouche Mourad  Hamma bouziene.</p>

**- La date de floraison :**

D'une année à l'autre, la date de floraison et de libération des grains de pollen peut varier de plus de 30 jours. Ces différences sont attribuables aux conditions climatiques qui dictent le développement annuel des plantes (en règle générale depuis l'automne qui précède la floraison).

**2.1.6- Réalisation de la dissection florale :**

La fleur des Angiospermes. Elle est organisée en différents verticilles (cercles, ovales ou spirales sur lequel les pièces florales sont fixées par rapport à l'axe du pédicelle.

De la périphérie vers le centre nous trouvons : les sépales, les pétales, les étamines puis, au centre, le gynécée qui contient l'ovule, enfermé dans une ou plusieurs loges appelées carpelles.

Les différentes pièces florales peuvent être libres ou fixées entre elles, présentes en quantité variable, facilement identifiables ou extrêmement transformées.

**Matériel :** échantillon, boîte à dissection (pince fine, lame de rasoir), papier millimétrique, loupe binoculaire pour l'observation des pièces florales, microscope photonique, appareil photo (14 Mp).

**Méthode :**

**1. Enlever les sépales et les pétales :**

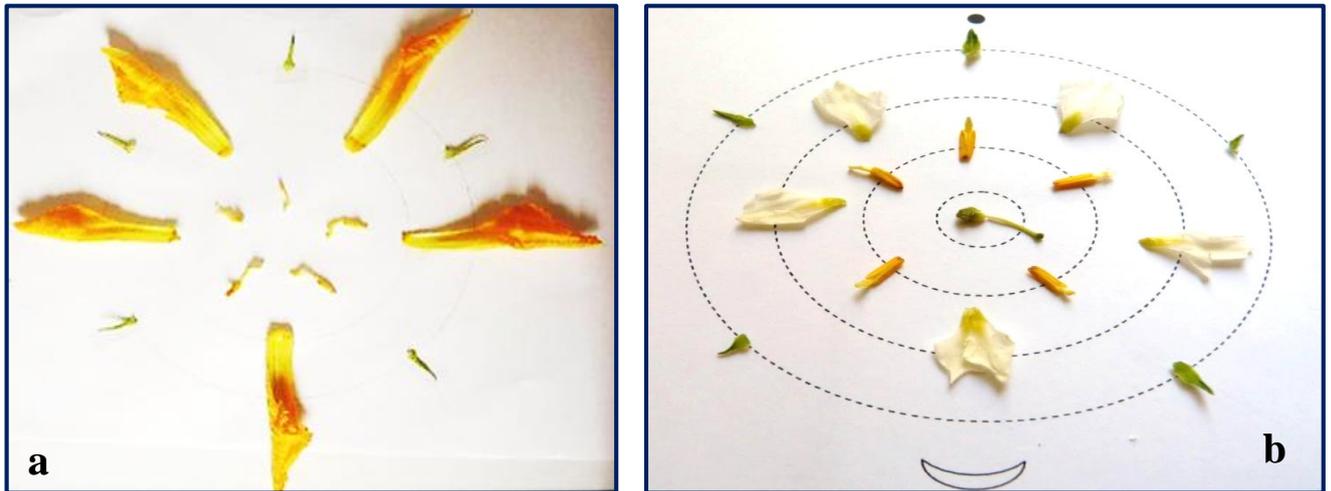
- A l'aide de ciseaux et de pince, ôter les sépales.
- Puis de la même manière ôter les pétales.

**2. Enlever les organes reproducteurs :**

- Prélever à l'aide des pinces l'ensemble des étamines.
- Tenir le pistil à m'aide des pinces.

**3. Observer les organes reproducteurs :**

- Observer le pollen des étamines à la loupe binoculaire.
- Ouvrir l'ovaire à l'aide du scalpel et observer les ovules contenus dans les ovaires à la loupe binoculaire.



**Fig.34-** Dissection d'une fleur mâle de courgette (a) et d'une fleur de pomme de terre (b)

(a) : c'est une fleur actinomorphe. Elle ne possède pas de gynécée. Les différentes pièces alternes).

(b) : Les différentes pièces alternes.

#### 2.1.7- Extraction des grains de pollen :

Nombreuses méthodes sont développées pour l'extraction, l'identification et la germination des grains de pollen à partir de différentes espèces.

##### - Pollen extrait artificiellement :

Les anthères de fleurs venant d'être récoltées ont été excisées, puis placées dans des boules à thé. Le pollen a ensuite été extrait soit mécaniquement, soit chimiquement.

Pour l'extraction mécanique, les boules à thé contenant les anthères ont été soumises à des vibrations au-dessus de coupelles dans lesquelles le pollen a été récupéré.

L'extraction chimique a été réalisée en immergeant chaque boule à thé dans 5 ml de pentane. Le pollen ainsi obtenu a été utilisé après évaporation totale de ce solvant (figure 35).



**Fig.35-** Extraction chimique du pollen.

#### 2.1.8- La coloration de masse des grains de pollen :

Nous sommes dirigé vers la méthode de Wodehouse (1935), qui nous paraît la plus simple.

Après la collecte du pollen, on le réunit au centre de la lame de verre avec une lame de rasoir puis on a déposé délicatement une goutte d'éthanol à 95° sur le pollen (ne pas placer la goutte en contact direct avec le pollen, qui risque de rentrer dans la pipette et polluer ainsi tout le flacon). Ce traitement est appliqué afin de nettoyer l'enveloppe du grain de la couche huileuse qui masque les détails ornementaux et empêcherait le colorant de pénétrer. Nous répétons 2 fois l'opération afin de bien déshydrater.

On passe au nettoyage des précipités ou cristaux formés à l'extérieur de la goutte (sous forme d'auréole), en utilisant pour cela une coton tige ou un bout d'essuie-tout imbibés légèrement de méthanol.

- Déposer délicatement une goutte de colorant (voir liste ci-dessous) et laisser agit durant 2 à 5 minutes (mêmes précautions que pour l'alcool, sous peine de trop étaler le pollen).
- Déshydrater 3 fois de suite à l'alcool à 95°

En profiter pour étaler la goutte en carré et enlever avec un essuie-tout les traces d'humidité que l'alcool a générées sur le pourtour de la zone.

- Poser 2 gouttes de Baume du Canada (les petites bulles d'air disparaissent assez rapidement, car il est très avide d'oxygène).
- Poser la lame couvre objet avec les précautions d'usage, afin d'éviter au maximum les bulles d'air.
- Poser les étiquettes d'identification et les vernir également.

Nous avons indiqué sur la préparation le nom de la plante et éventuellement la date de préparation ainsi que le colorant utilisé (figure 36).



Fig.36- Les étapes de coloration des grains de pollen

**Les colorants utilisés pour la coloration des grains de pollen :**

- la Safranine formolée de Sémichon (elle colore en rouge +/- foncé).
- la Phloxine B alcoolique (elle colore en mauve violet).
- le Rouge Congo (il colore en rouge clair et met remarquablement en évidence le revêtement cuticulaire).
- le Vert d'iode (il colore en vert tendre).
- le Vert de Méthyle (il colore en vert plus nettement émeraude).
- l'Eosine aqueuse à 2 % (elle colore en rouge clair).
- le Rouge neutre (il colore en rose rouge).

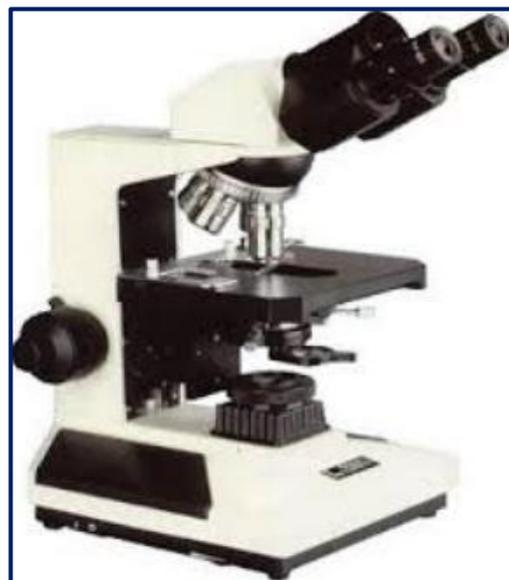
La Fuch sine phéniquée de Ziehl, préparée à base de fuch sine basique (elle colore en bleu violet et peut être régressée avec de l'acide chlorhydrique à 5 %).

Dans notre travail nous avons utilisé pour la coloration des grains de pollen : le Rouge neutre, le Vert de Méthyle, le Rouge Congo et le Vert d'iode.

L'utilisation de colorants en microscopie implique des dosages précis, (nous utilisons une balance électronique au 1/10 de gramme près) avec des dilutions, selon les colorants, de l'ordre de 1:100 (1 g de colorant pour 100 cc d'eau distillée ou d'alcool, ou autre solvant ou mélange de solvants), 1:200, 1:500, 1:1.000, voire 1:10.000 ... Le non-respect de ces dosages génère des surcolorations désagréables et décourageantes, et les résultats ne sont pas constants.

**3. Observation microscopique des grains de pollen :**

L'observation des grains de pollen est faite à l'aide d'un microscope photonique.



**Fig. 37-** Les lames observées (à gauche) en microscope photonique (à droite).

**4. L'identification des grains de pollen :**

L'objectif de l'extraction est de libérer le pollen contenu dans les sacs polliniques afin de l'identifier.

**Critères d'identification :****• morphologie globale :**

- Grains en groupe ou libres.
- Expansions.
- Forme.
- Taille.

**• Paroi pollinique :**

- **Apertures** : le nombre, la forme et la disposition des apertures est un critère taxonomique très important. Pour décrire un grain de pollen on considère qu'il possède un pôle supérieur, un pôle inférieur et une zone équatoriale.
- **Ornementation** : Les grains de pollen possèdent des ornements qui permettent de les caractériser.

**5. Evaluation de la viabilité du pollen :**

Les responsables du programme d'amélioration génétique des arbres forestiers ont besoin de pollen de haute qualité pour maximiser la production de graines.

Le moyen le plus fiable pour évaluer la qualité du pollen est de dénombrer les graines issues de croisements. Toutes fois ce processus est long et coûteux. De plus, le phénomène d'incompatibilité peut fausser les résultats.

La germination in vitro permet d'évaluer la capacité germinative du pollen dans des conditions définies et adaptées aux espèces étudiées (Moody & Jett, 1990). Toutefois cette seconde méthode peut surestimer l'aptitude réelle du pollen à germer dans des conditions naturelles.

Deux autres méthodes peuvent servir à évaluer la viabilité du pollen ; il s'agit de tests physiologiques, permettant de doser des molécules nécessaires à l'activité physiologique future du grain de pollen, et de tests colorimétriques, qui évaluent la qualité du pollen (Stanley & Linskens, 1974). Ces deux types de test présentent l'avantage d'être rapide et économique bien que les résultats qu'ils produisent surestiment encore davantage la viabilité réelle de l'échantillon testé (Colas & Mercier, 2000).

**5.1- Coloration d'Alexander :**

**Tableau VIII :** La solution colorante a été préparée selon la formulation d'Alexander (1969) en mélangeant :

Produits	Quantité
Alcool éthylique 95 %	20 ml
Vert de malachite	2 ml (1% dans de l'éthanol à 95°)
Eau distillée	50 ml
Glycérol	40 ml
Phénol	1 g
Fuchsine acide	10 ml (1% dans de l'eau distillée)
Acide lactique.	2 ml

Cette solution colorante a été stockée, à l'obscurité et à température ambiante, 3 semaines avant utilisation.

Pour chaque test, le pollen a été mis en suspension dans la solution colorante. L'ensemble a été soniqué 30 secondes, puis centrifugé 40 secondes pour sédimenter le pollen.

Une goutte (20 µl) prélevée dans le fond du tube a été déposée sur lame. La lame a été chauffée par cinq passages au-dessus d'une flamme et a été ensuite recouverte d'une lamelle.

Après cinq minutes de réaction entre le pollen et la coloration, les lames ont été observées sous microscope.

Les grains de pollen colorés en violet foncé étaient considérés comme viables alors que ceux colorés en vert clair étaient considérés comme non viables.

 **Facteurs qui influencent la viabilité du pollen :**

Ces facteurs sont multiples. Ils dépendent aussi bien des conditions climatiques lors de la récolte, de l'âge de plante, de type de pollen, de ses conditions d'extraction et de conservation( teneur en eau, température, présence d'oxygène), de la réacclimatation préalable ay test, de la présence de lumière, des changements brusques dans les conditions environnementales et du niveau de pollution des sites de récolte (Colas, 1998).

L'étude porte sur le pollen issu des espèces de quelques familles des Angiospermes qui ont un intérêt économique.

**5.2- Test de germination in vitro (en milieu solide) (Verdel & Pannetier, 1990):**

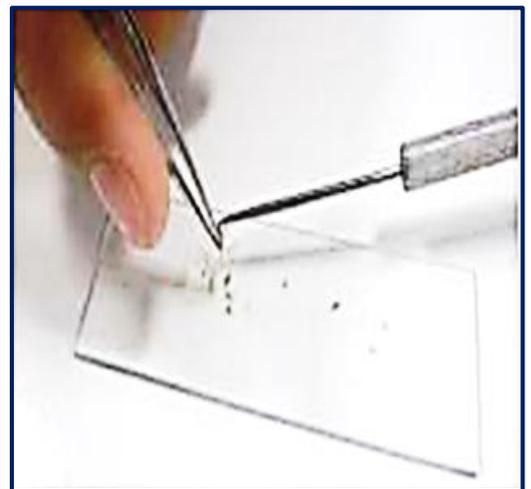
Au moment de la récolte des fleurs, il faut agir rapidement pour le maintien de la viabilité du pollen qui est très délicat (Bonhomme, 2015).

Les conditions optimales de germination *in vitro* varient d'une espèce et même d'un génotype à l'autre

Le test de germination *in vitro* sera réalisé sur le pollen extrait sans aucun traitement supplémentaire.

Il consiste en :

- La stérilisation de la verrerie utilisée ;
- La préparation du milieu de culture et sa répartition dans des boîtes de Petri de 6 cm de diamètre ;
- Le dépôt d'une faible quantité de grains de pollen dans des boîtes de Petri à la surface du milieu de culture ;
- Placer les boîtes de Petri dans une chambre de culture à 25 °c pour la durée de germination (figure 34).

**1****2****3****4**

**Fig. 38-** Test de germination *in vitro* (en milieu solide).

## 6. Détermination du pourcentage de germination :

Le dénombrement des grains de pollen germés se fait en plaçant directement la boîte de Pétri sur la platine d'un microscope optique. Le dénombrement des grains germés et non germés se fait généralement à un grossissement de 40 à 100×. Un grain est considéré germé lorsque la longueur du tube pollinique est supérieure à deux fois le diamètre de ce dernier.

Le dénombrement peut s'effectuer directement bien que le réactif d'Alexander 1969 puisse être utilisé pour augmenter le contraste. Le tube pollinique et la cellule sporogène sont alors colorés en rose et l'exine en vert.

Le pourcentage de germination (G) est estimé selon le rapport suivant :

$$G \% = \frac{\text{Nombre de grains germés}}{\text{Nombre total de grains}} \times 100$$

7. **Analyse statistique** : Les données ont généralement été comparées avec XL STAT (2007).

## 8. La conservation des grains de pollen :

La figure 35 explique le processus de conservation des grains de pollen de nos échantillons.

Le pollen est conservé dans des ampoules en verre fermées avec un bouchon en caoutchouc, sous vide à l'aide d'une pompe à vide.

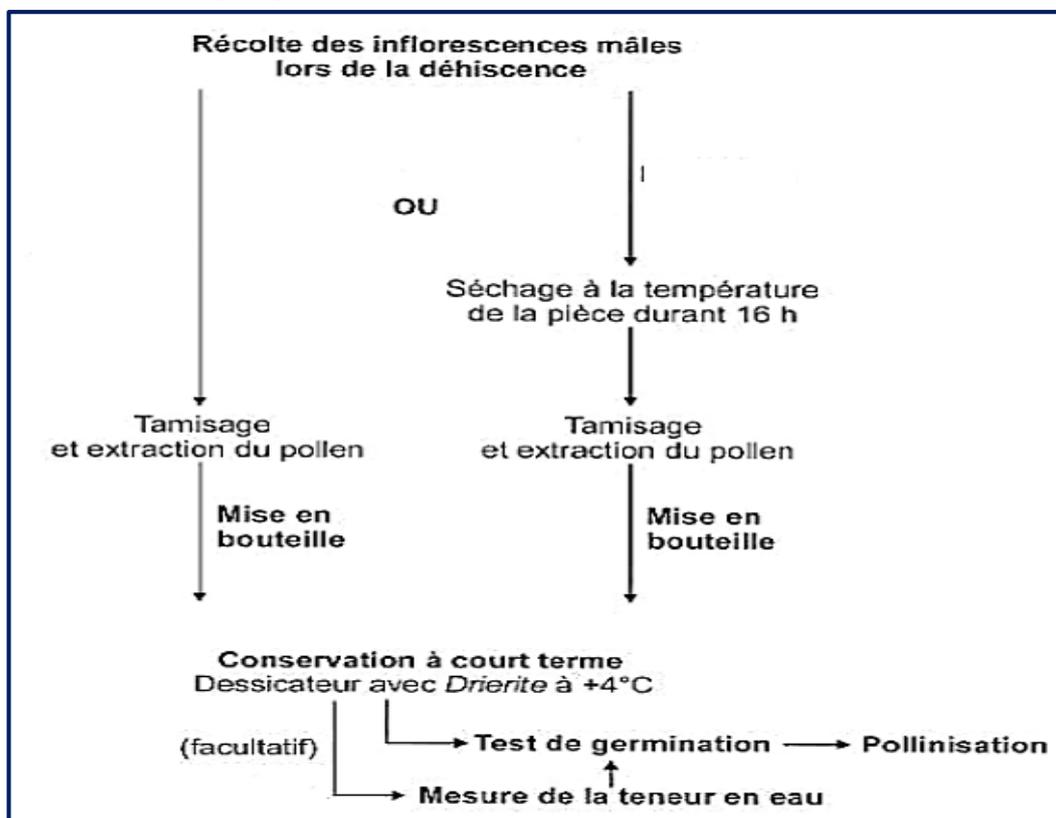


Fig. 39- Processus de conservation du pollen (Colas & Mercier, 2000).

## Chapitre III :

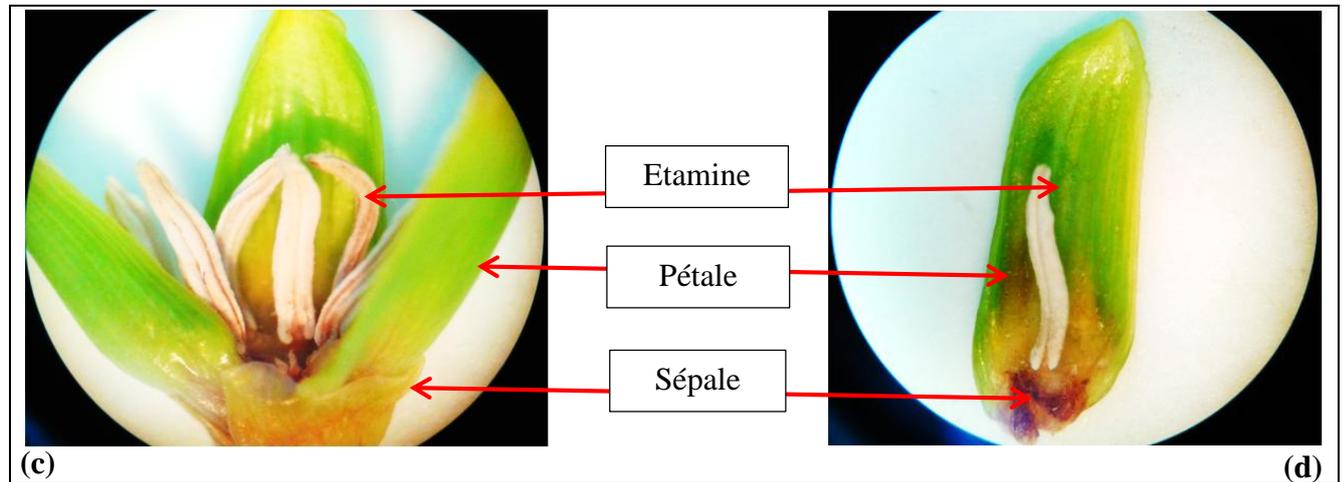
### Résultats et interprétation

Nous présentons successivement les caractères biologiques des prototypes ou modèles étudiées d'espèces dont les familles sont portées dans le tableau VI (chapitre matériels et méthodes) en page 55 - 58.

### 1- Intérêts économiques et morphologie florale :

Ainsi, il se dégage que l'organisation de la fleur des Angiospermes est extrêmement variable. Nous en présentons successivement les différentes espèces de différentes familles étudiées (figure +40i).

<b>Famille des : Arecaceae (Arecacées)</b>	<b>Espèce : <i>Phoenix dactylifera</i> L. (Palmier dattier)</b>
<p><b>Intérêts économiques description selon Munier (1973).</b></p> <p>Le palmier dattier constitue l'une des espèces fruitières dont la culture existe depuis la plus haute antiquité. C'est un arbre d'un grand intérêt non seulement par sa productivité élevée et la qualité de ses fruits très recherchés, mais également grâce à ses facultés d'adaptation aux régions sahariennes, où il permet de créer, au milieu du désert des oasis à mésoclimat favorable à la culture de plusieurs espèces arboricoles, céréalières, fourragères et maraîchères.</p>	
<p><b>Biologie florale présentée par Moore (1973).</b></p> <p>Le palmier dattier est une plante ligneuse, pérenne. C'est une espèce monocotylédone, dioïque. On distingue une partie végétative et une partie reproductrice composée d'inflorescences mâles ou femelles. Donc les fleurs sont unisexuées à pédoncules très courts. Leurs couleurs varient du jaune-verdâtre à l'ivoire selon le sexe de la variété.</p>	
 <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>



**Fig. 40 (1) - Morphologie de la fleur** (a : inflorescence mâle avec sa spathe, b : quelques fleurs, c et d : détails d'une fleur).

fleur (mâle)						
Taille	Nombre et couleur			Nombre		duvet
	Sépales	pétales	styles	étamines	pistil	
3 à 4 mm	3 jaunes, soudés	3 libres	Blanc	6 libres insérés à l'aisselle des pétales.	×	-

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (1)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Phoenix dactylifera* L.**  
(a) sans coloration, (b) colorés au rouge neutre

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
monocolpé	Ovale	deux sillons	psilate

Le pourcentage de germination in vitro des grains de pollen est 67 %.

**Famille des : Astéraceae (Astéracées)**

**Espèce : *Cynara scolymus* L. (Artichaut)**

**Intérêts économiques description selon Bruneton (2009).**

L'artichaut (*Cynara scolymus* L.) est cultivé pour ses propriétés à la fois culinaires, thérapeutiques et industrielles

**Biologie florale présentée par Marison *et al.* (2000).**

L'artichaut est une plante vivace appartient au dicotylédone. La partie consommée est un capitule, inflorescence récoltée avant que les fleurs ne se développent.



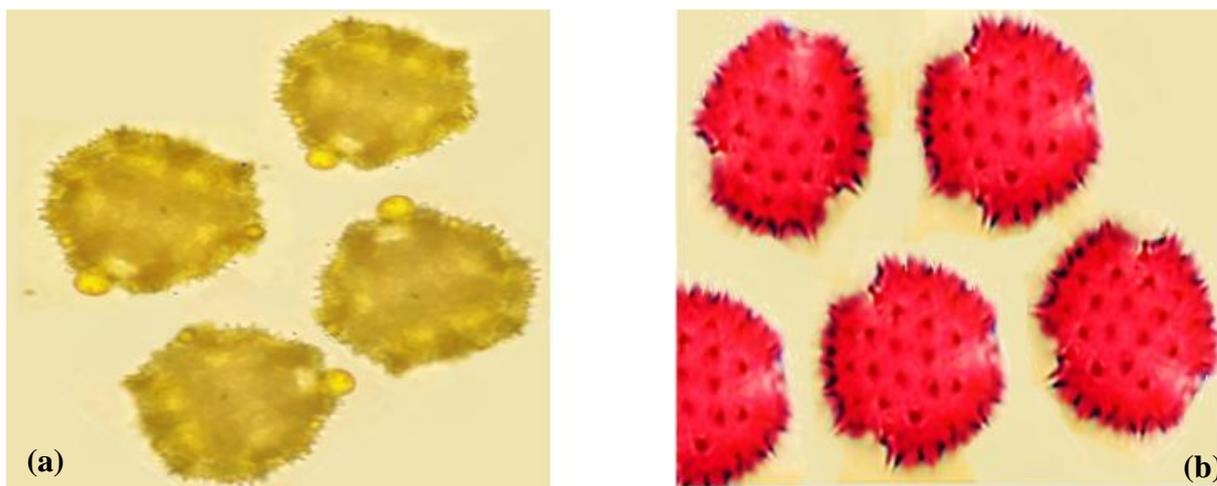
**Fig. 40 (2)-** Morphologie de l'inflorescence.  
(a)



fleuron

Taille	le capitule (ensemble de fleurs ou fleurons)		Duvet
4.2 cm	la forme	la couleur	-
	d'une touffe de poils appelée aigrette	varie du bleu au violet	

**2- L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (2)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Cynara scolymus* L.  
(a- sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
Angulaperturé, tricolpé	triangulaire à trilobée	trois sillons	chinate

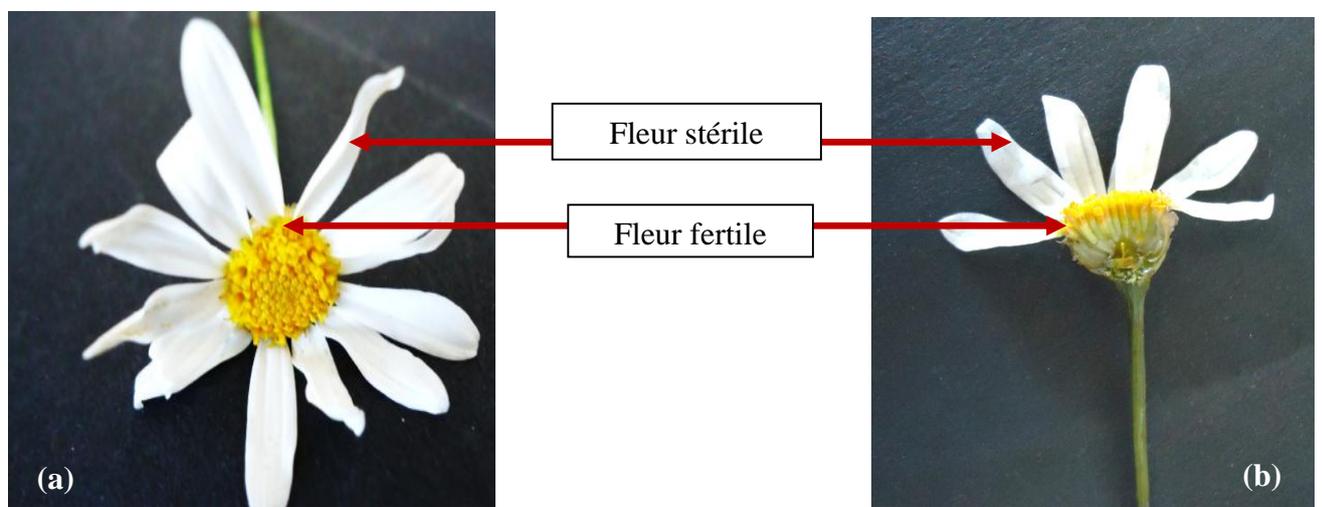
<b>Famille des :</b> Astéraceae (Astéracées)	<b>Espèce :</b> <i>Chamaemelum nobile</i> L. (Camomille romaine)
--	--

**Intérêts économiques :**

C'est une plante aromatique de la famille des Astéracées, dont plusieurs espèces présentent des propriétés médicinales.

**Biologie florale présentée par**

Les fleurs sont des groupements compacts de petites fleurs (inflorescences) : les jaunes, au centre, sont fertiles, alors les blanches ressemblant à des pétales, à la périphérie, sont stériles (Delille, 2007).



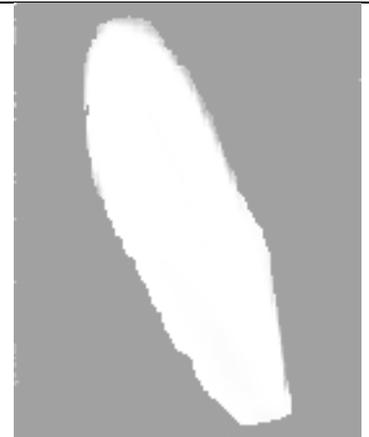
**Fig. 40 (3)-** Morphologie de l'inflorescence.  
(a)



Inflorescence



fleur fertile



fleur stérile

Fleur				
Taille	Couleur des		Nombre	duvet
2.6 cm	Sépales	Fleurs fertiles	étamine	-
	5 verts soudés	22 pétales blancs avec une longueur de 2.1 cm	5	

2- L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

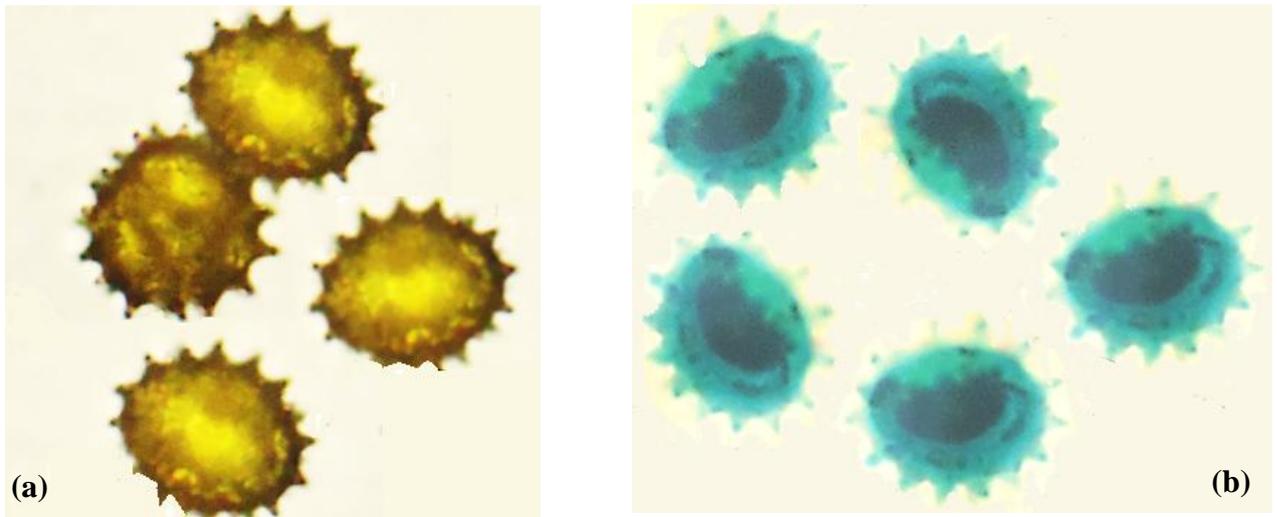


Fig. 40 (3)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Chamaemelum nobile* L.

(b) (a- sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
monocolpé	ovale	Un seul sillon	chinate

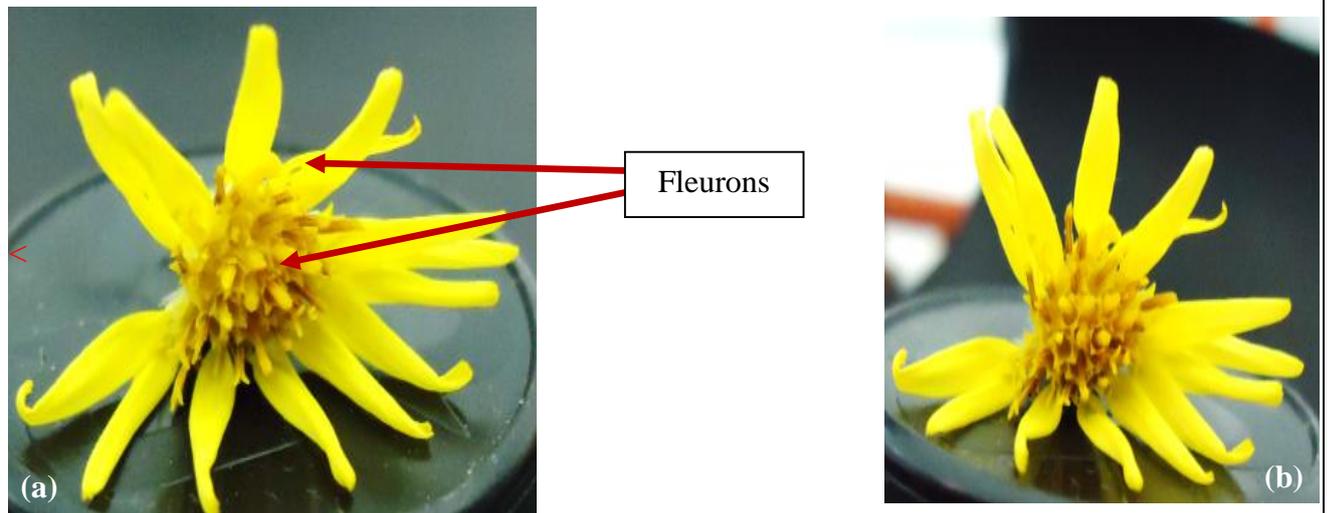
<b>Famille des : Astéraceae (Astéracées)</b>	<b>Espèce : <i>Inula helenium</i> L. (Grande Aunée).</b>
--	--

**Intérêts économiques :**

La Grande Aunée fait partie des plantes comestibles. On apprécie en particulier sa racine très aromatique, elle possède également diverses vertus médicinales : elle est notamment recommandée pour son action sur les bronches. Ses racines sont actuellement utilisées en phytothérapie.

**Biologie florale présentée par Delille (2007).**

La Grande Aunée est une plante vivace, appartient à la famille des *Asteraceae*. Dans cette vaste famille, les Inules se rapprochent des marguerites, avec deux types de fleurons : à la périphérie des fleurons femelles, au centre, des fleurons hermaphrodites.



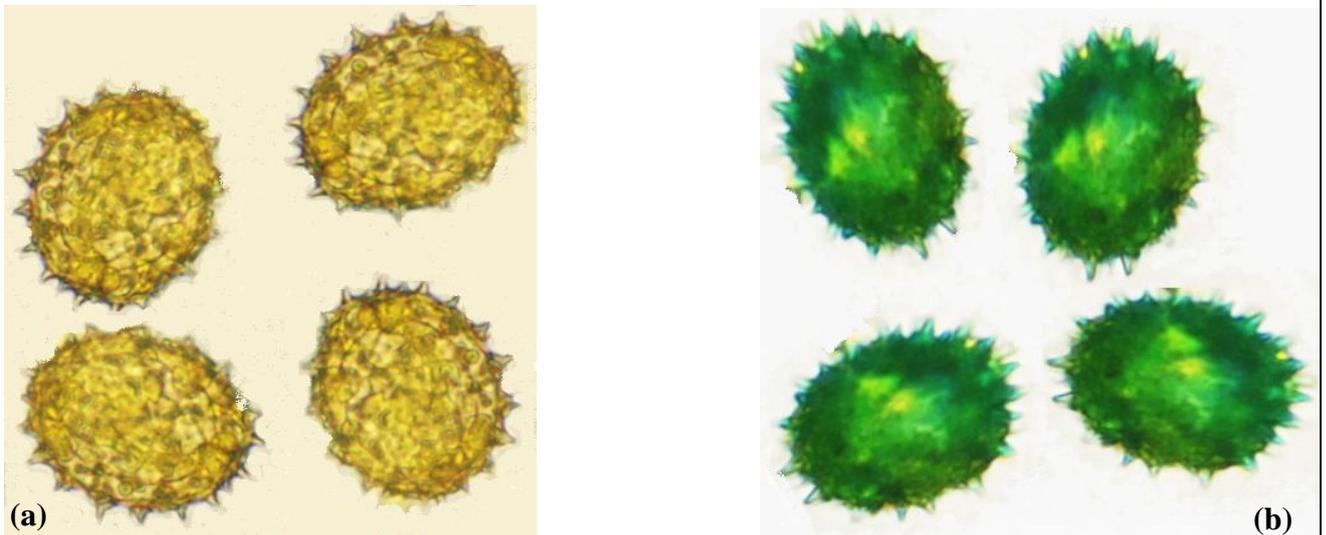
**Fig. 40 (4)- (a)** Morphologie de l'inflorescence.



**Fleuron**

Taille	Fleurons		duvet
	à la périphérie	au centre	
2.3 cm	14 jaunes, ligulés	Jaunes, tubulés	+

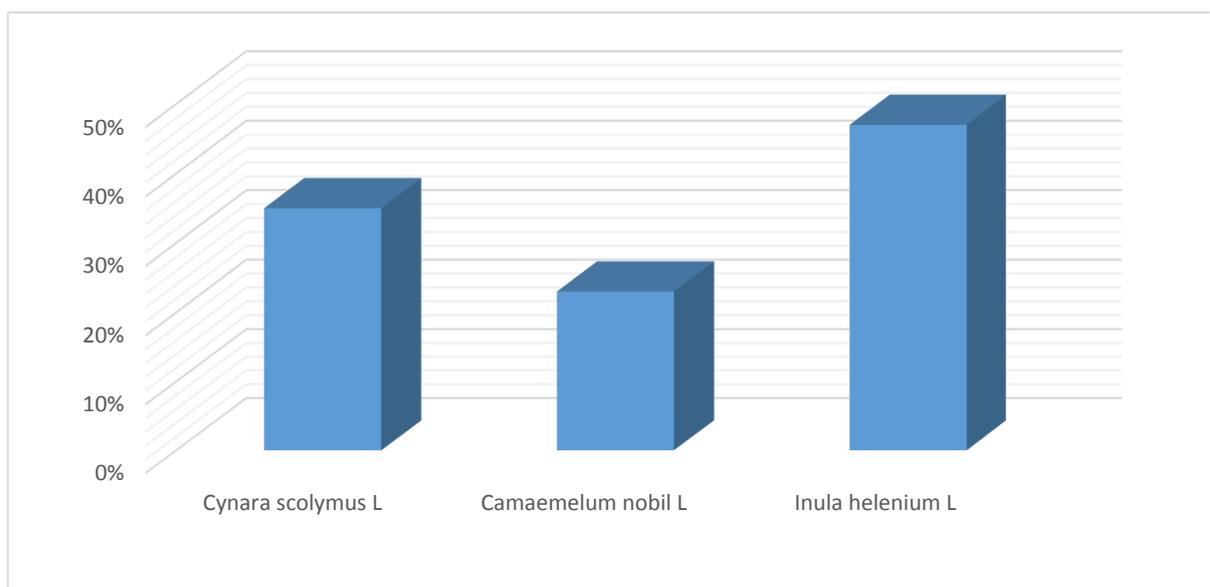
**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (4)-** Photographie microscopique des grains de pollen d'*Inula helenium* L. (b) vue polaire (a- sans coloration, b- colorés au vert de Méthyle).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
monocolpé	ovale	Un seul sillon	chinate

**Le pourcentage de germination des grains de pollen :**



**Fig. 40 (5)-** Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Astéracées.

<p><b>Famille des :</b> Cactaceae (Cactacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Opuntia ficus-indica</i> L. (Figuier de Barbarie).</p>
---	--

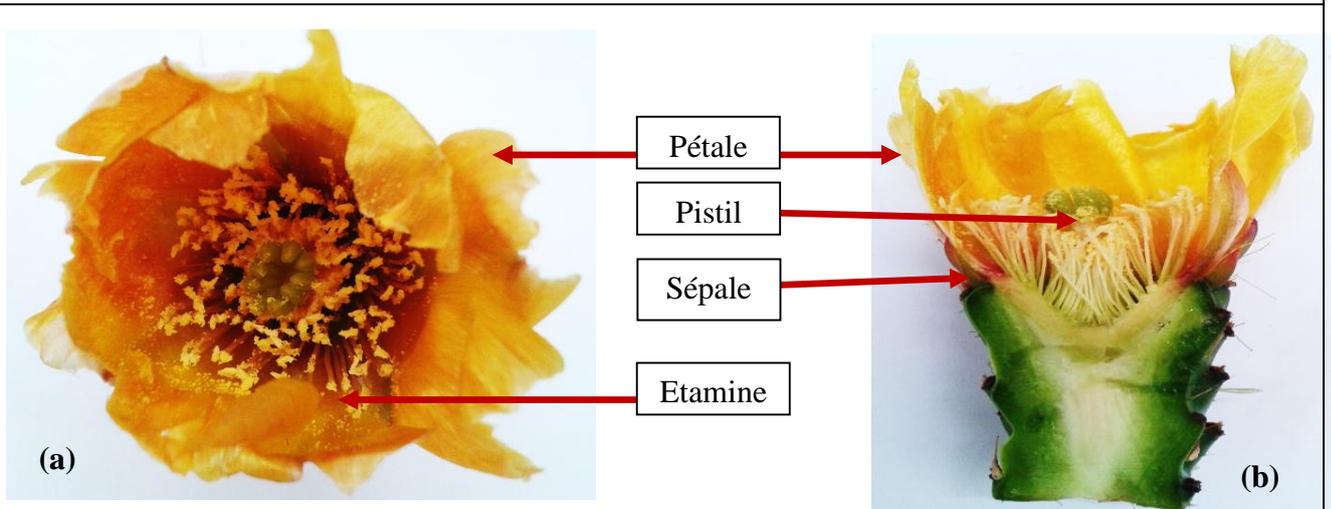
**Intérêts économiques :**

Le figuier de Barbarie est une plante très utile pour les régions arides. Ses utilisations sont multiples (alimentation humaine, alimentation animale, utilisation agricole, biocarburant (bioéthanol, biogaz), environnement (lutte contre l'érosion), usages thérapeutiques et cosmétiques et l'usage ornemental.

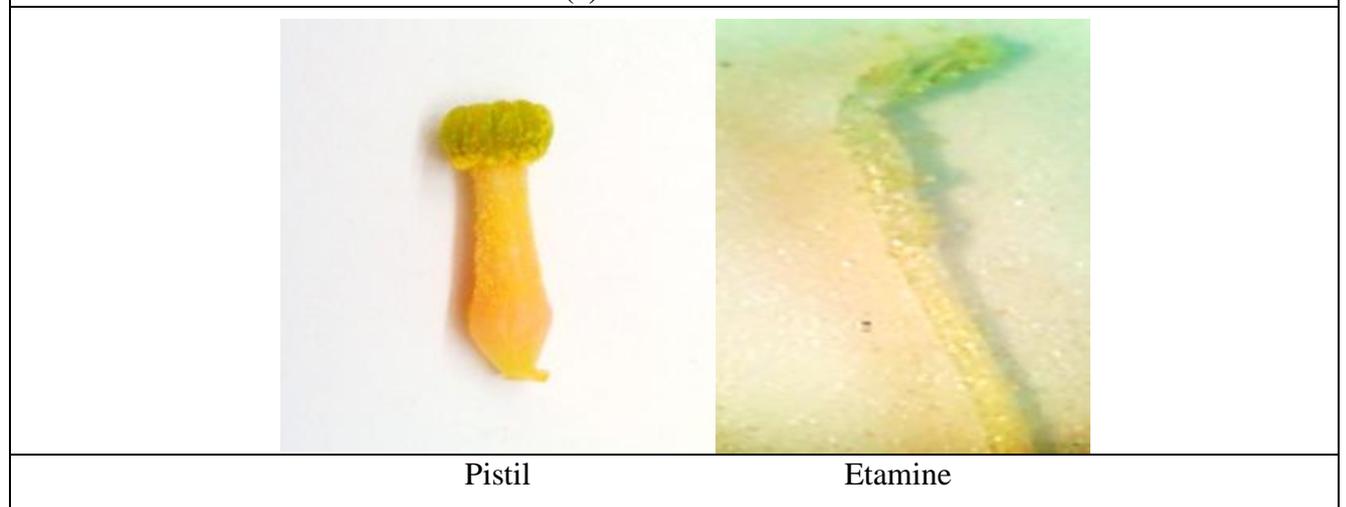
**Biologie florale présentée par Yousfi *et al.* ( 2013).**

C'est une plante arborescente qui peut atteindre de 3 à 5 mètres de haut. Les fleurs sont à ovaire infère, uniloculaire. Le pistil est surmonté d'un stigmate multiple. Les étamines sont très nombreuses. Les sépales peu apparents et les pétales bien visibles de couleur jaune orange.

Les fleurs se différencient en général sur des cladodes âgés d'un an, le plus souvent sur les aréoles situées au sommet du cladode ou sur la face la plus exposée au soleil. En principe, une seule fleur apparaît dans chaque aréole. Un cladode fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fleurs, mais ce nombre varie énormément selon la position du cladode sur la plante, son exposition, et aussi selon des facteurs physiologiques (nutrition).



**Fig. 40 (5) (a) - Morphologie de la fleur.**

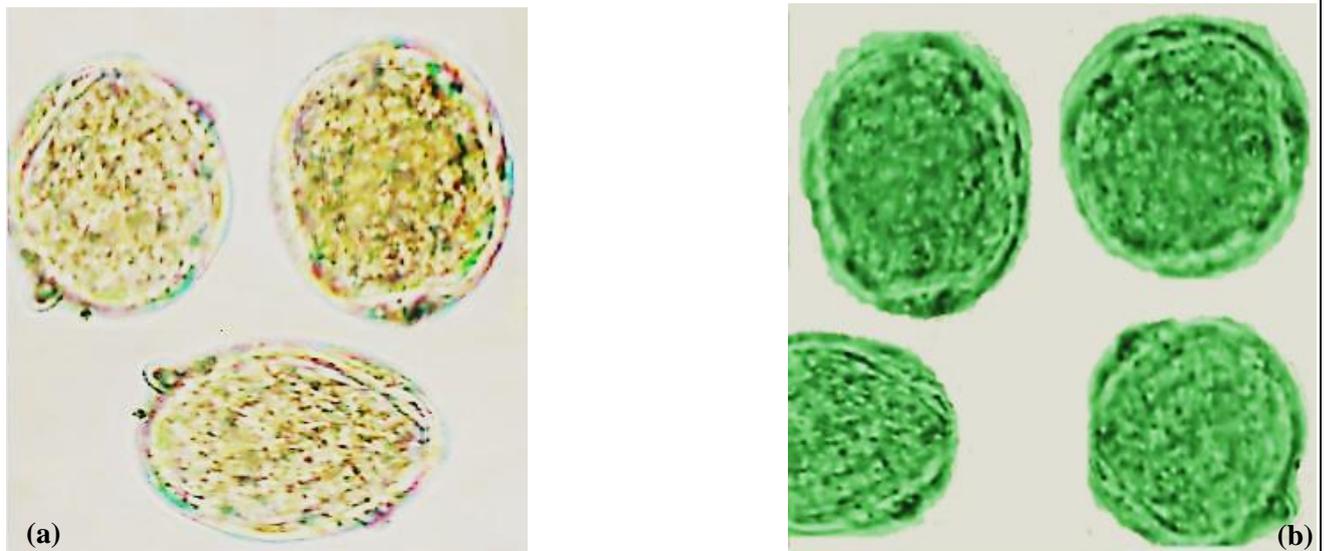


Pistil

Etamine

Fleur					
Taille	Couleur des		Nombre		duvet
6 à 7 cm	Tépales	Styles	étamine	pistil	-
	13 tépales soudés, jaune vif à orange.	Vert échiné (4.3 cm)	∞ (151 étamines séparés)	1 pistil (ovaire à 3 carpelles soudés).	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



**Fig. 40 (5)** - Photographie microscopique des grains de pollen d'*Opuntia ficus-indica* L.

(b) (a - sans coloration, b- colorés au vert de Méthyle).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
biporés	ronde	deux pores	scabrate

Le pourcentage de germination des grains de pollen : 62%.

<p><b>Famille des :</b> Cucurbitaceae (Cucurbitacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Cucumis sativus</i> L. (Concombre).</p>
---	---

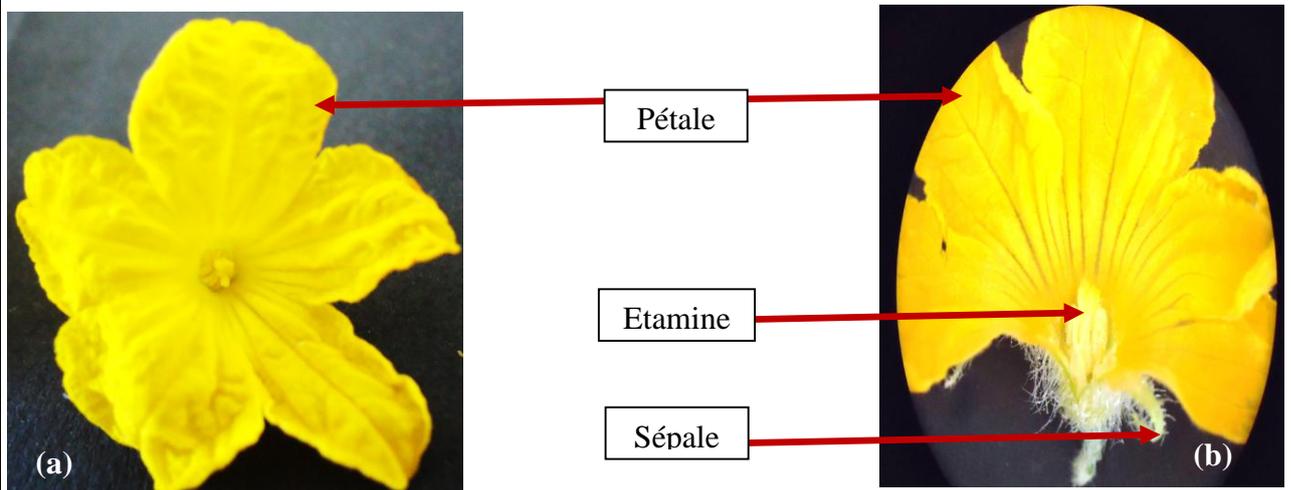
**Intérêts économiques :**

Il est utilisé dans l'alimentation humaine, l'alimentation animale et dans le domaine cosmétique.

**Biologie florale présentée par** Chadeffaud & Emberger (1960).

Le concombre : est une plante annuelle, rampante. La partie consommée est le fruit avant maturité.

Les fleurs unisexuées sont actinomorphes et pentamères. Fleurs mâles (au pistil non fonctionnel) et femelles (au gynécée composé d'un ovaire infère tricarpellé) sont toutes deux jaune pâle mais distinctes, quoique portées par le même pied (plante monoïque).



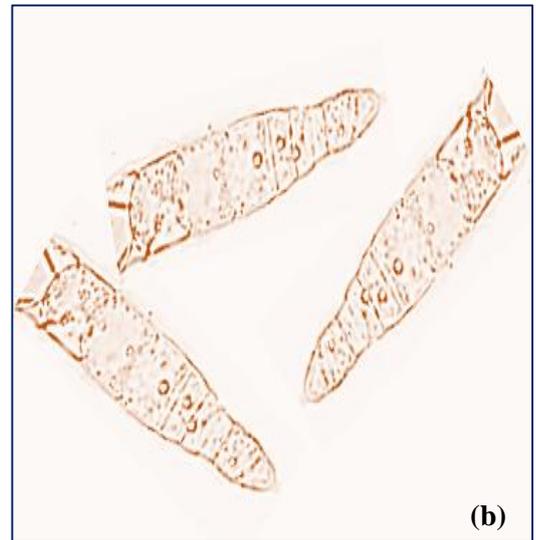
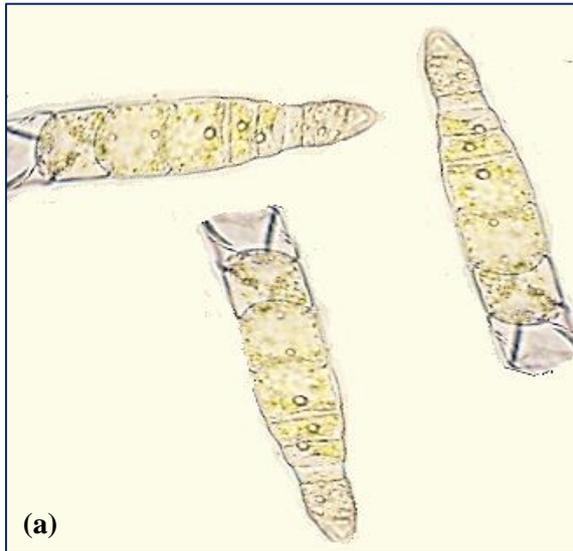
**Fig. 40 (6) -** (a) Morphologie de la fleur.



Étamines

Fleur jaune			
Taille	Couleur des Pétales	Nombre Etamine	duvet
2 cm	5 soudés	3	++

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



**Fig. 40 (6)** - Photographie microscopique des grains de pollen de *Cucumis sativus* L.  
**(b)** (a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
Apolaire	bâtonnet	plusieurs pores	psilate

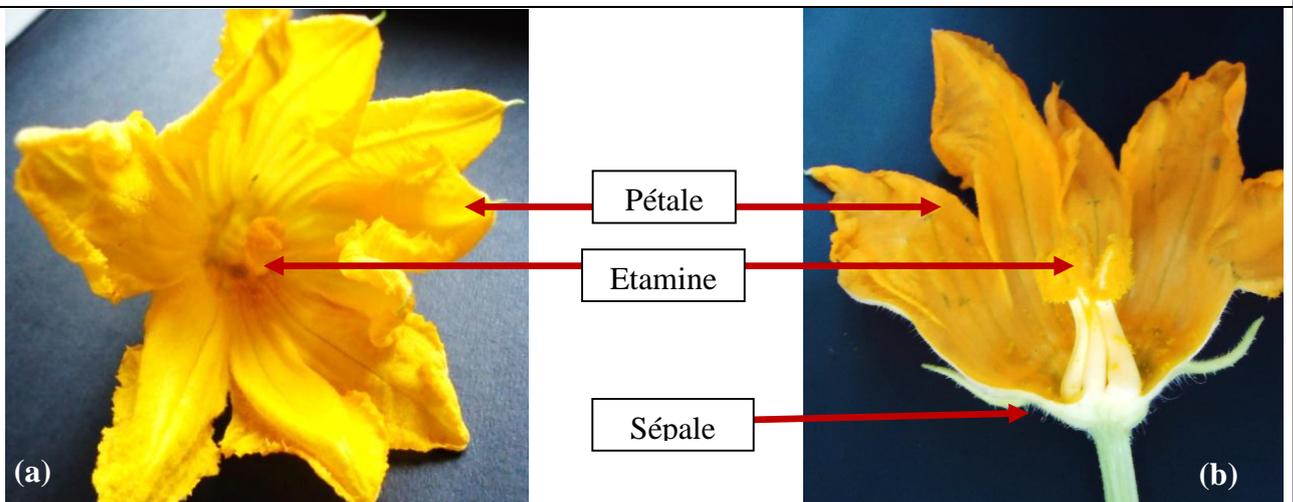
<b>Famille des :</b> Cucurbitaceae (Cucurbitacées)	<b>Espèce :</b> <i>Cucurbita pepo</i> L. (Courgette)
--	--

**Intérêts économiques :**

Les fruits de cette plante sont consommés la plupart du temps cuits. En Afrique, elle est utilisée pour traiter les brûlures et les inflammations. La fleur de courgette est aussi utilisée en cuisine.

**Biologie florale présentée par** Pitrat & Foury (2003).

Les courgettes sont des plantes annuelle rampantes. Les fleurs, sont unisexuées et solitaires.



**Fig. 40 (7) - Morphologie de la fleur.**  
(a)



Etamines

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

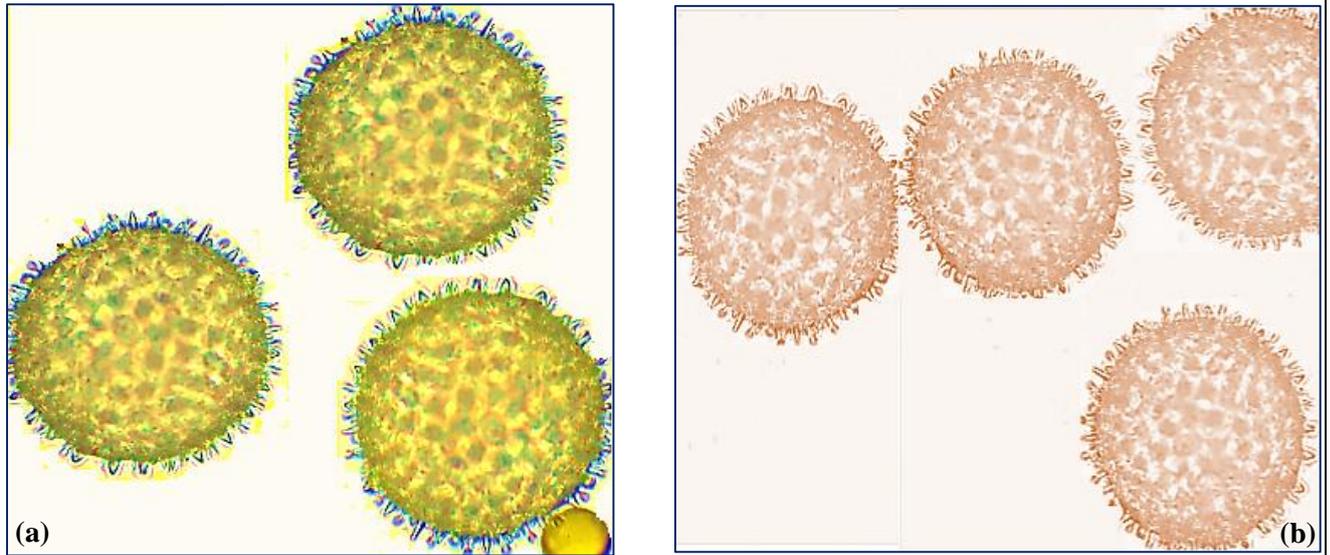


Fig. 40 (7) - Photographie microscopique des grains de pollen de *Cucurbita pepo* L.

(b) (a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
Apolaire	ronde	plusieurs pores	Clavate

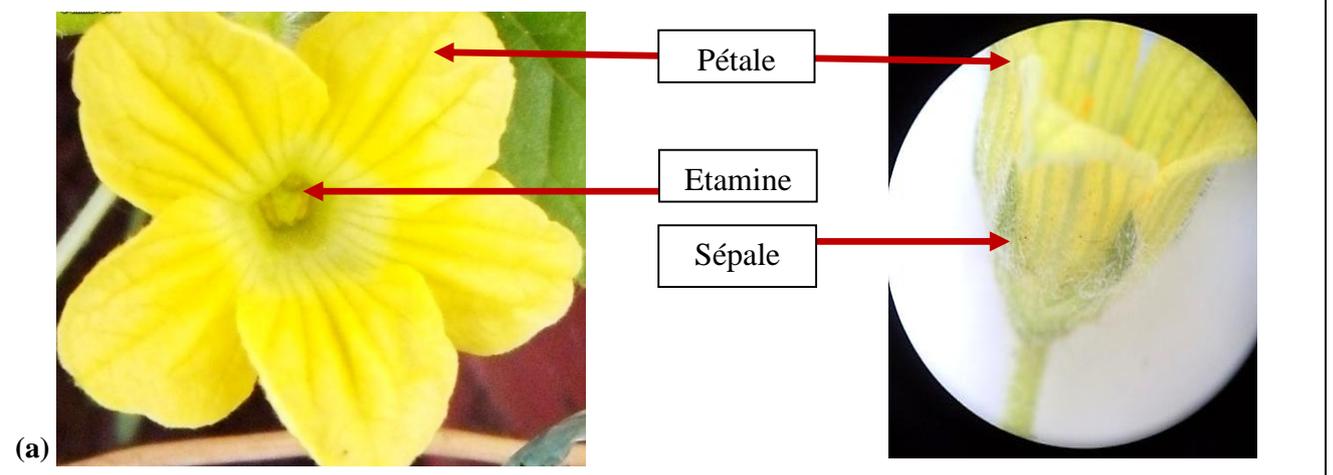
<p><b>Famille des :</b> Cucurbitaceae (Cucurbitacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Cucumis melo</i> L. (Melon)</p>
---	---

**Intérêts économiques description selon** Tonelli & Gallouin (2013).

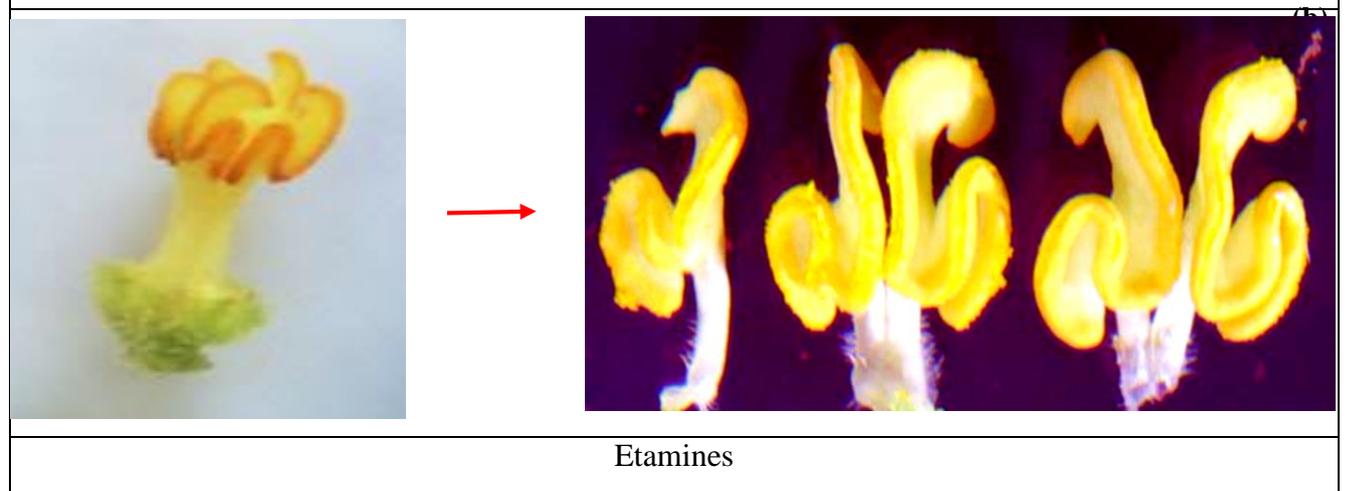
Les fruits mûrs se mangent crus. On peut aussi les cuire pour en faire des compotes et des confitures.

**Biologie florale présentée par** Rosa (1924), Delaplane & Mayer (2000).

C'est une plante annuelle, monoïque et herbacée constituée de tiges rampantes portant des vrilles  
 Les fleurs mâles (Figure 5A et B) sont beaucoup plus nombreuses que les fleurs femelles et de plus petite taille. A la base de la corolle des fleurs mâles se trouve un style non fonctionnel entouré de nectaires et d'étamines dont les anthères contiennent le pollen. L'androcée est composé de cinq étamines dont quatre sont soudées deux à deux.



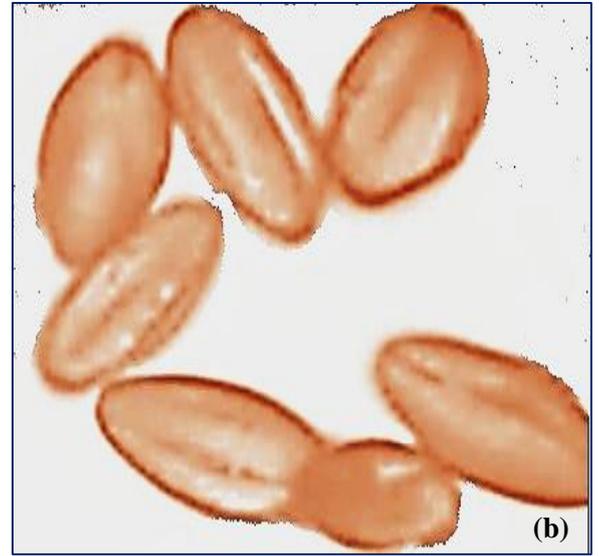
**Fig.40 (8)-** Morphologie de la fleur.  
 (a)



Etamines

Fleur					
Taille	Couleur des			Nombre	duvet
3.7 cm	Sépales	Pétale	styles	étamine	
		5 soudés	5 soudés	Jaune	5 soudés

### 2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



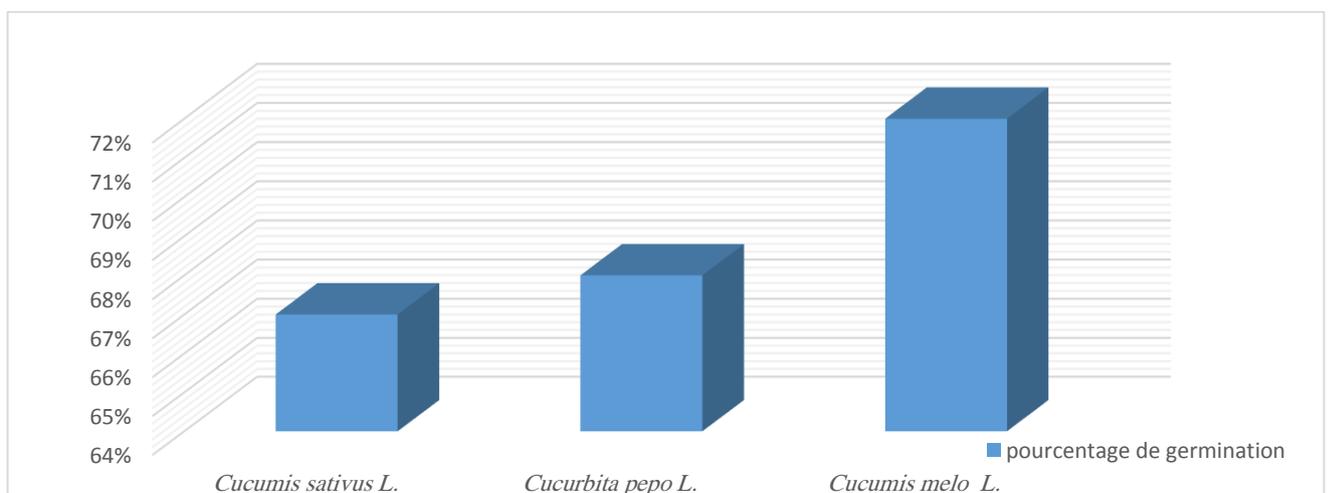
**Fig. 40 (8) - Photographie microscopique des grains de pollen de *Cucumis melo* L.**

(b) (a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

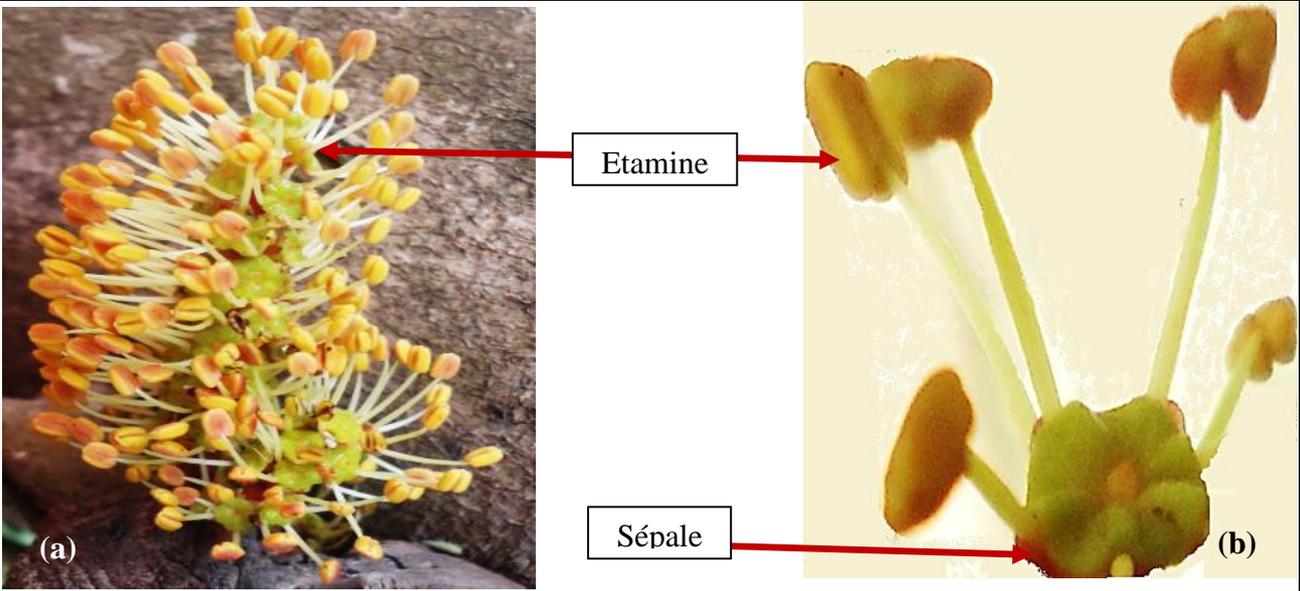
Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
dicolpé	sub-sphérique	deux sillons	psilate

Le grain de pollen est de couleur jaune. Leur taille varie entre 45  $\mu\text{m}$  et 55  $\mu\text{m}$ .

### Pourcentage de germination des grains de pollen



**Fig. 40 (8)- Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Cucurbitacées**

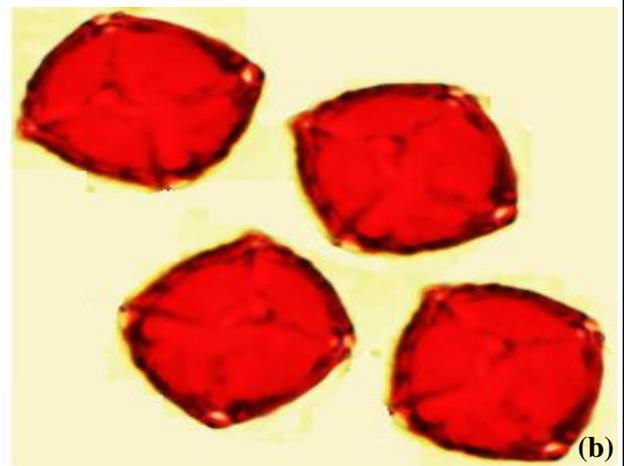
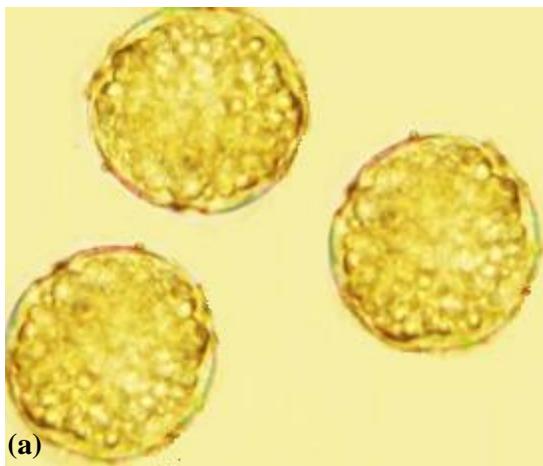
<b>Famille des : Fabaceae (Fabacées)</b>	<b>Espèce : <i>Ceratonia siliqua</i> L. (Caroubier)</b>
<p><b>Intérêts économiques :</b></p> <p>On peut l'utiliser pour ses vertus médicinales car, grâce à sa teneur élevée en fibres, elle exerce un effet régulateur sur la fonction intestinale et est utilisée dans les cas de diarrhée ou de constipation chez les enfants. La farine de caroube est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire comme additif (code E410) pour les glaces, les pâtisseries. Les caroubes constituent un excellent aliment énergétique pour le bétail.</p>	
<p><b>Biologie florale présentée par Konate (2007).</b></p> <p>L'arbre est dioïque, parfois hermaphrodite et rarement monoïque. Les pieds mâles sont stériles et improductifs.</p> <p>Les fleurs mâles, femelles et hermaphrodites poussent sur des pieds différents. Les fleurs sont initialement bisexuées et au cours de leur développement, l'une des fonctions sexuelle mâle ou femelle est supprimée.</p> <p>Les fleurs, très petites, constituées d'un calice sans corolle, sont réunies en grappes axillaires cylindriques. Elles apparaissent d'août à octobre.</p>	
 <p>The figure consists of two photographs, (a) and (b). Photograph (a) shows a dense, cylindrical inflorescence of small, yellowish flowers. Photograph (b) is a close-up of a single flower, showing its structure. A red arrow points from the label 'Etamine' to the stamen of the flower. Another red arrow points from the label 'Sépale' to the sepal of the flower.</p>	
<p><b>Fig.40 (9) (a) Morphologie de l'inflorescence et de la fleur.</b></p>	



Les étamines (5)

fleur (verdâtre, spiralées et réunies en un grand nombre)			
Taille	Couleur des Sépales	Nombre étamine	duvet
6 à 16 mm de longueur	5 soudés	5	-

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (9) - Photographie microscopique des grains de pollen de *Ceratonia siliqua* L.**

(b) (a - sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
tetracolporé	ronde	quatre pores + quatre sillons	gemmate

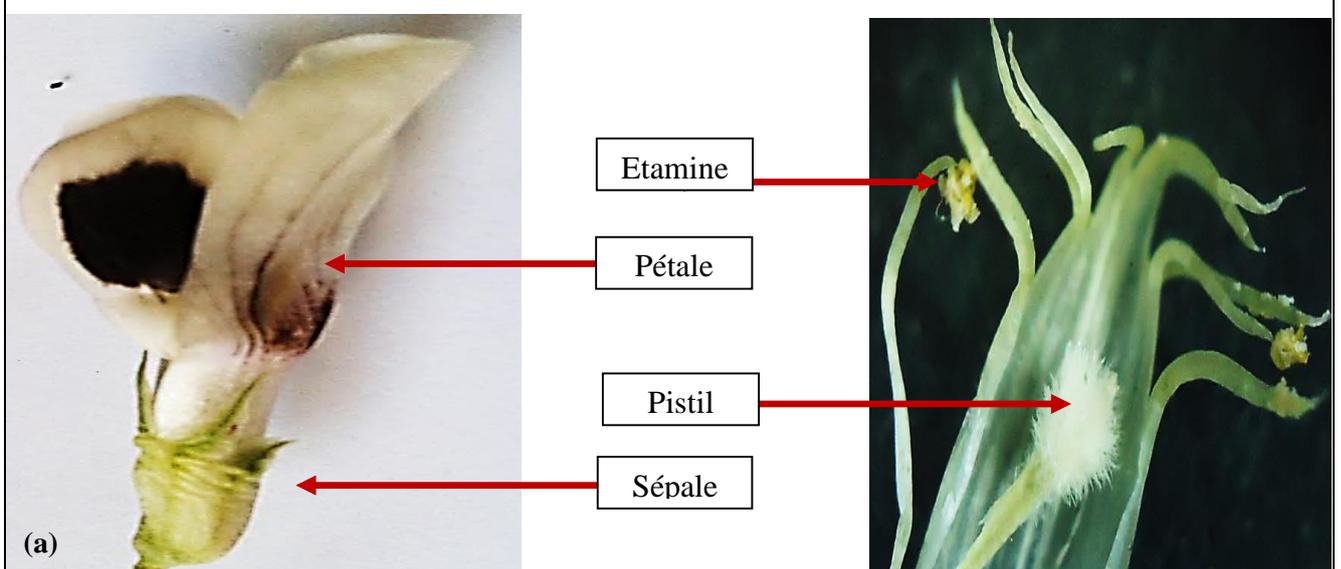
<b>Famille des : Fabaceae (Fabacées)</b>	<b>Espèce : <i>Vicia faba</i> L. (Fève)</b>
--	---

**Intérêts économiques description selon** Pitrat & Foury (2003).

La fève est considérée comme un aliment très intéressant : la fève fraîche est relativement riche en matière sèche (18 % à l'état cru, contre 6 à 12 % dans la plupart des légumes frais), et notamment en glucides, en protides, et en fibres, ce qui lui confère des propriétés nutritionnelles remarquables.

**Biologie florale présentée par** Boudry & Banalis (2001).

La fève est une plante herbacée annuelle peut dépasser 1 mètre. L'inflorescence est en racème de deux à cinq fleurs (parfois fleur solitaire), à corolle blanche ou rosée, avec des taches noires sur les ailes



**Fig.40 (10)- (a)** Morphologie de la fleur.



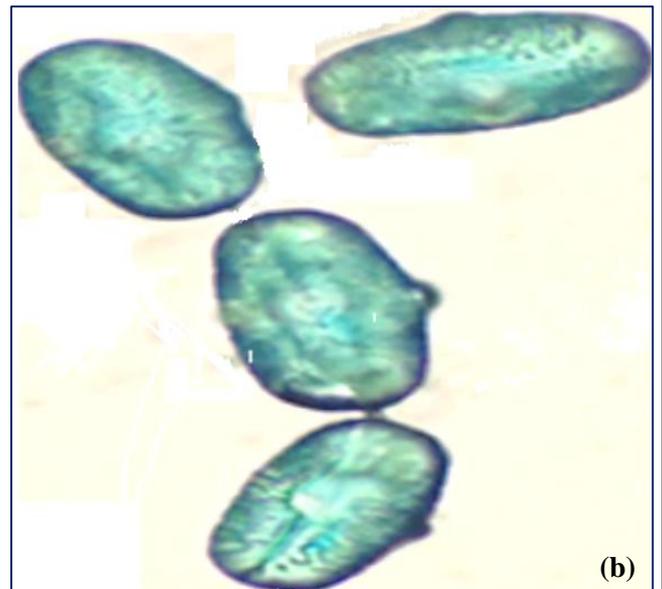
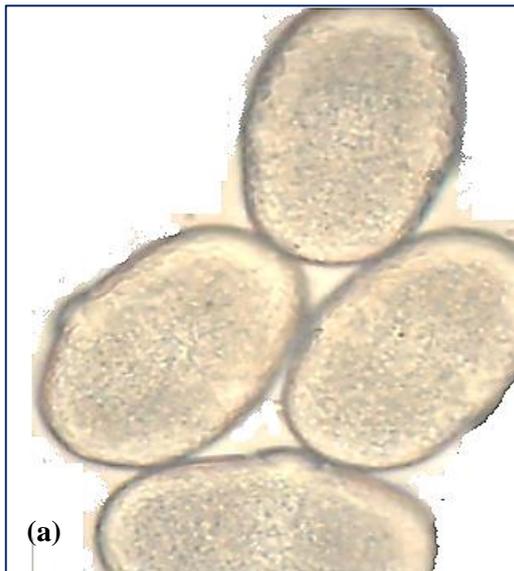
Pistil



étamines

Fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
3.1 cm	Sépales	Pétale	Styles	étamine	Pistil	+ autour de pistil
	5 soudés	5 (2 longs soudés, 2 courts soudés et la dernière libre).	Jaune	9 soudés et une libre	1 pistil à 1 carpelle	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (10)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Vicia faba* L.  
**(b)** (a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
biporé	ovale	deux pores	psilate

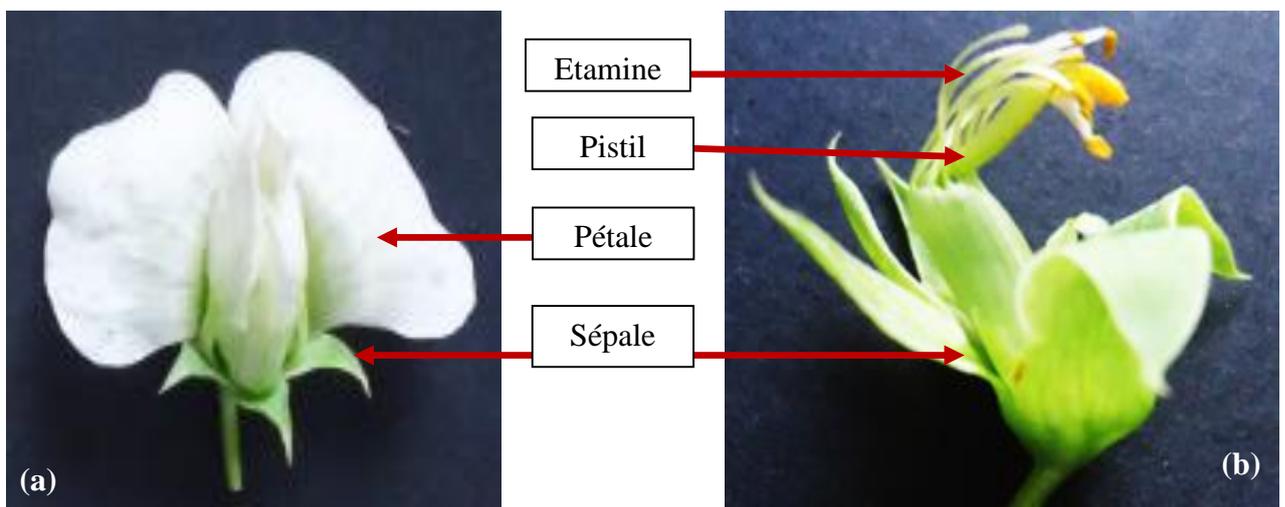
<p><b>Famille des : Fabaceae (Fabacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Pisum sativum</i> L. (Petit pois).</b></p>
---	--

**Intérêts économiques description selon Meiller & Vannier (1991).**

Le Petit pois est largement cultivé pour ses graines, consommé comme légume ou utilisé comme aliment du bétail. Le petit pois est la matière première d'une importante industrie de mise en conserve. Il peut être cultivé comme engrais vert. Il présente l'avantage, intéressant notamment en culture biologique, d'enrichir le sol en azote et d'améliorer sa structure. certaines variétés de pois ont un réel intérêt ornemental pour leurs fleurs.

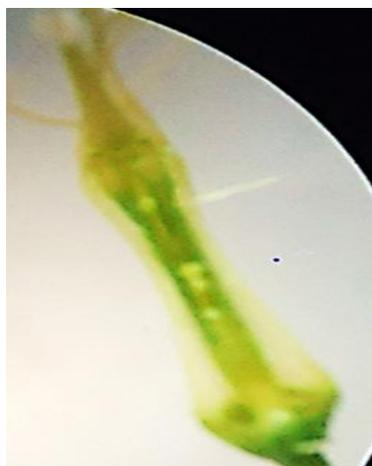
**Biologie florale :**

Le Petit pois est une plante annuelle. Les fleurs, de type « papilionacé », sont zygomorphes, à ovaire supère. Elles apparaissent à l'aisselle des feuilles, solitaires ou groupées en racème lâche de deux ou trois fleurs.



**Fig. 40 (11) - Morphologie de la fleur.**

(a)



Pistil



étamines (10)

Fleur (blanche)					
Taille	Couleur des		Nombre		duvet
	Sépales	pétales	étamine	pistil	
2.7 cm	5 sépales verts, soudés et présente 5 dents inégales.	5 pétales blancs (l'étendard redressé en position postérieure, les deux ailes en position latérale enveloppant la carène, partiellement soudés) : 2,3 cm	L'androcée est diadelphé (10 : 9 soudés et 1 libre).	1	-

2- L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

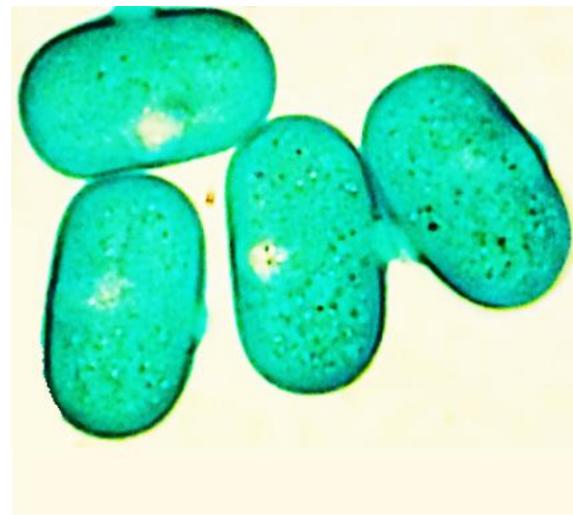
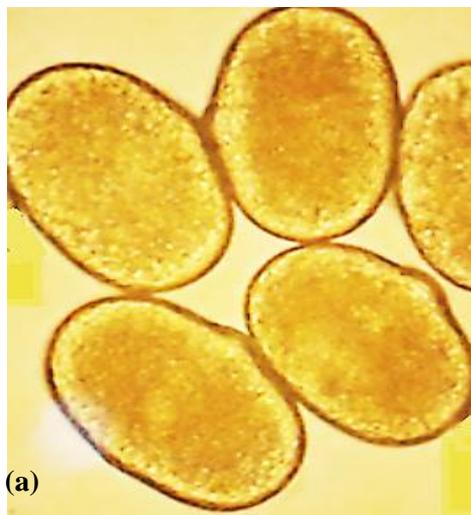


Fig. 40 (11)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Pisum sativum* L.  
 (b)(a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
biporé	ovale	deux pores	psilate

<p><b>Famille des : Fabaceae (Fabacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Cicer arietinum</i> L. (Pois chiche)</b></p>
---	--

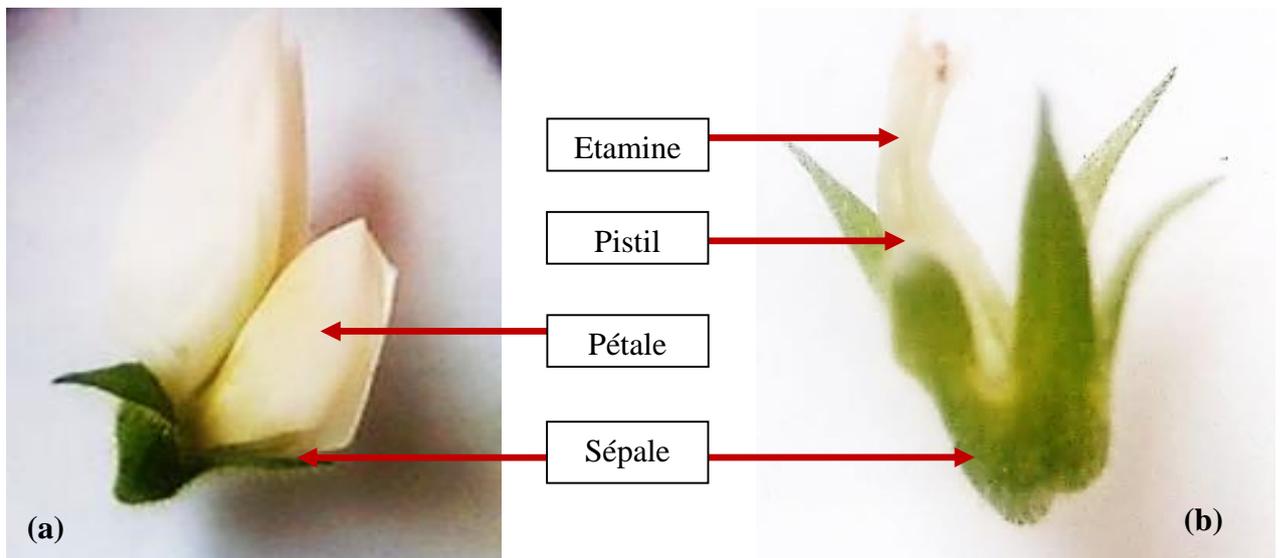
**Intérêts économiques :**

le pois chiche est cultivé pour ses graines comestibles. En tant que plante de grand intérêt économique, le séquençage de son génome est en cours.

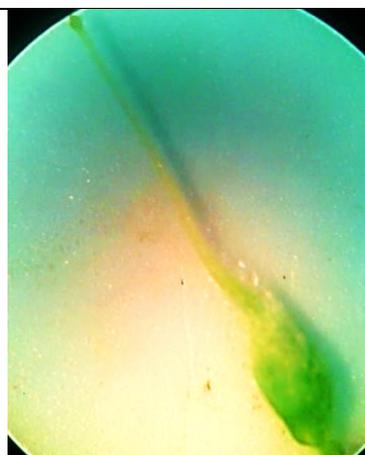
**Biologie florale présentée par Lebrun (2011).**

le pois chiche est une espèce de plantes dicotylédones. C'est une plante herbacée annuelle, au port dressé, pouvant atteindre 100 cm de haut.

Les fleurs, solitaires, zygomorphes, sont typiquement de type « papilionacé ». Elles atteignent 12 mm de long et présentent des pétales blancs ou lilas à violet.



**Fig. 40 (12) -Morphologie de la fleur.**  
(a)



Pistil



étamines (10)

Fleur (blanche).					
Taille	Couleur des		Nombre		duvet
	Sépales	pétales	étamine	pistil	
0.76 cm	5 vertes, soudés	5 blancs, un grand pétale arrière, deux sur les côtés et deux avant protégeant les organes reproducteurs.	L'androcée est diadelphé (10 étamines : 9 soudés et 1 libre)	1	+

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



Fig. 40 (12)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Cicer arietinum* L.  
 (b) (a - sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
bicolporé	ovale	deux pores+ deux sillons	psilate

Pourcentage de germination des grains de pollen :

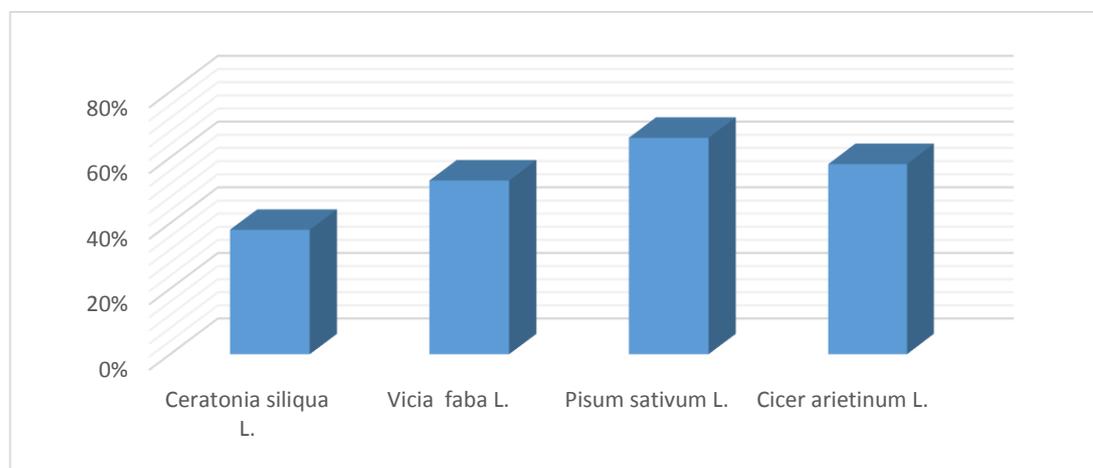


Fig. 40 (12)- Pourcentage de germination des grains de pollen es espèces de la famille des Fabacées.  
 (c)

<b>Famille des : Juglandaceae (Juglandacées)</b>	<b>Espèce : <i>Juglans regia</i> L. (Noyer)</b>
<b>Intérêts économiques :</b> <p>Les noix sont consommées fraîches ou en tant que fruit sec. Elles sont aussi triturées pour obtenir une huile alimentaire, l'huile de noix.</p> <p>Les noyers sont largement cultivés en Europe pour plusieurs utilisations : le parquet, les escaliers et les aménagements intérieurs, les meubles et la boissellerie.</p> <p>La chair qui entoure le noyau est utilisée en décoction pour obtenir une teinture en menuiserie.</p> <p>Les feuilles sont employées sous forme de tisane pour les troubles de l'appareil digestif, la constipation, l'anorexie, la dépuraction, le diabète et la jaunisse.</p>	
<b>Biologie florale :</b> <p>Les noyers sont des arbres à croissance rapide pouvant atteindre 20 à 25 m. Leurs fleurs mâles de cette espèce monoïque sont regroupées en chatons pendants alors que les fleurs femelles sont généralement disposées par paires à l'extrémité des rameaux de l'année. Le jeune noyer met environ dix ans avant de fructifier.</p>	
	
(a) Inflorescence mâle	(b) Inflorescence femelle

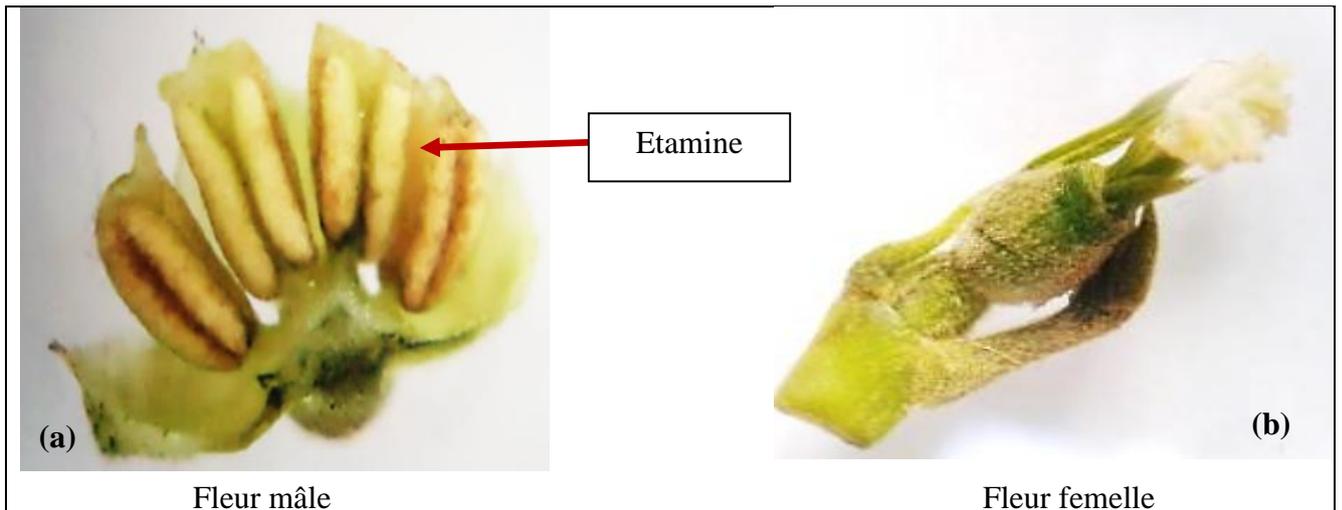


Fig .40 (13) : Morphologie de la fleur.  
(a)

Fleur mâle				Fleur femelle				
Taille	Nombre			Taille	Nombre			
	Sépales	pétales	étamines		Sépales	pétales	étamines	Ovaire
2 cm	6 séparés	×	36 étamines	0.11 cm	4 verts	×	×	Infère à deux carpelles.

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

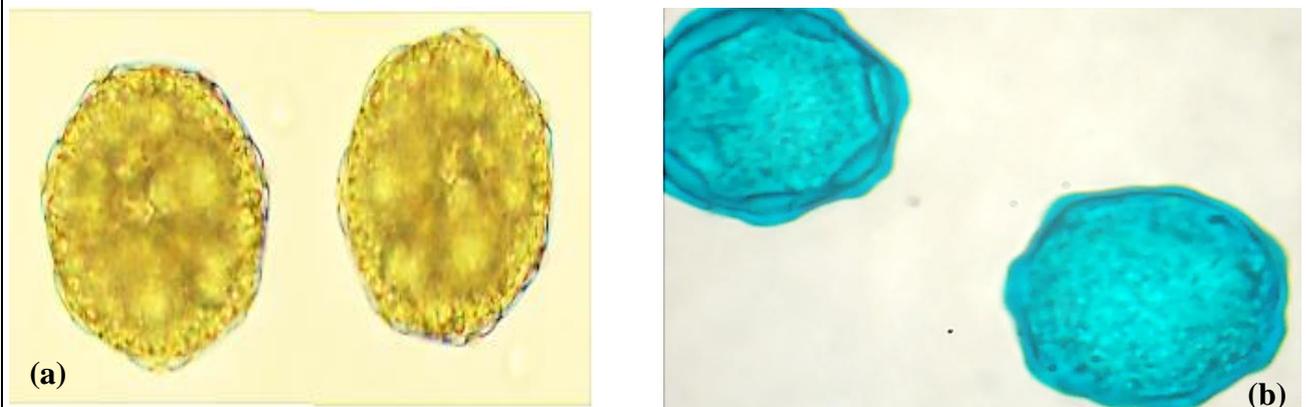


Fig .40 (13)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Juglans regia* L.  
(b)(a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
apolaire	ronde	sept pores	verrucate

Le pourcentage de germination des grains de pollen : 84%.

**Famille des : Lamiacées ou Labiacées**

**Espèce : *Lavandula stoechas* L. (Lavande)**

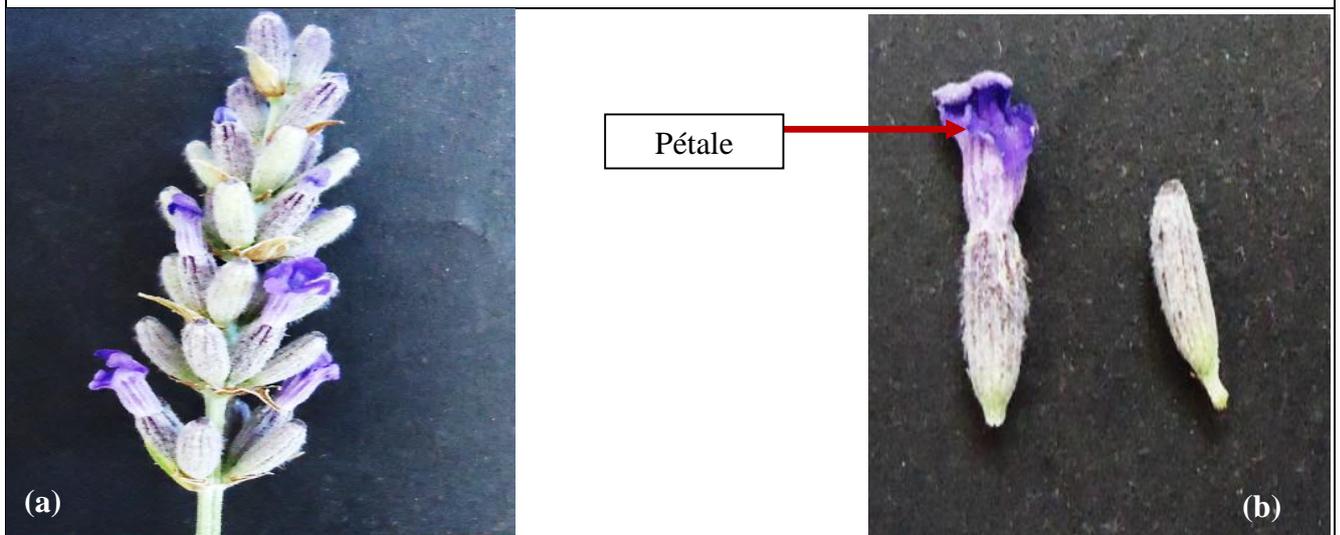
**Intérêts économiques :**

La lavande est une plante aromatique et médicinale cultivée à des fins ornementales ainsi que pour ses applications en parfumerie, cosmétique, phytothérapie et aromathérapie.

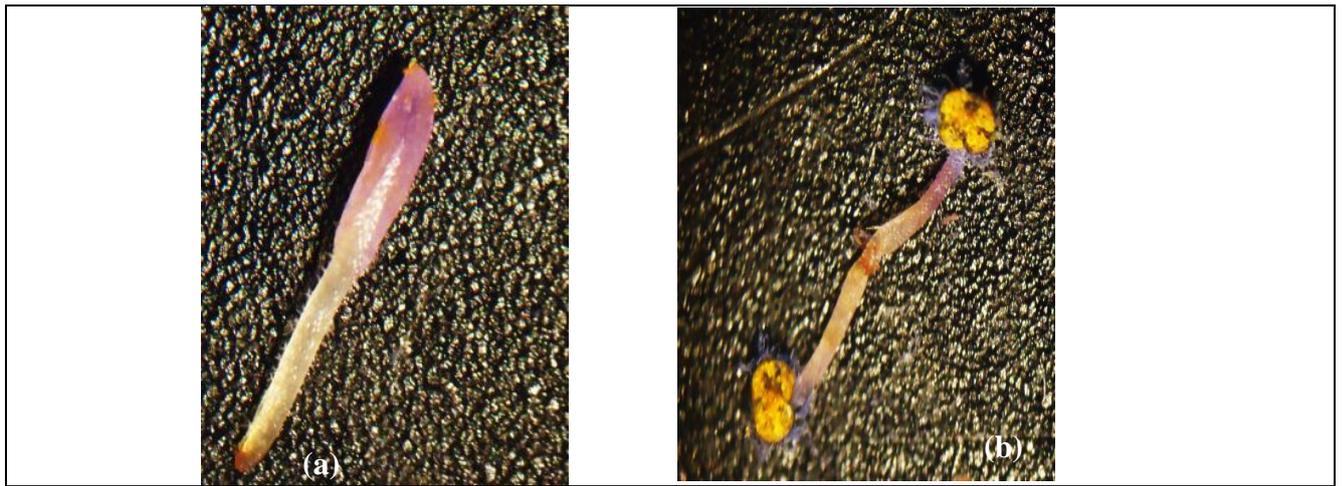
**Biologie florale présentée par Guitton (2010).**

La lavande est un sous-arbrisseau méditerranéen vivace à souche ligneuse. Sauvage ou cultivée, elle pousse en touffes compactes de 75 cm de haut dans les terrains pauvres, calcaires et ensoleillés des régions méditerranéennes. En été, des rameaux florifères émergent du feuillage. Ils se terminent par des épis de petites fleurs très odorantes de couleur généralement bleu-mauve.

Il existe une vingtaine d'espèces de lavandes, qui diffèrent par la couleur de leurs fleurs (blanches, roses, bleues, violettes) et par leur habitat.



**Fig .40 (47) - (a)** Morphologie de l'inflorescence et de la fleur.



Pistil

étamines

fleur				
Taille	Couleur des		Nombre	duvet
0.9 cm	Pétales		styles	étamine
	5 pétales en partis soudés, est tubulaire à sa base.		blanc	2

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



Fig. 40 (47)- Photographie microscopique des grains de pollen de (b) (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
dicolpé	ronde	trois sillons	psilate.

<p><b>Famille des : Lamiacées ou Labiacées</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Rosmarinus officinalis</i> L. (Romarin)</b></p>
--	---

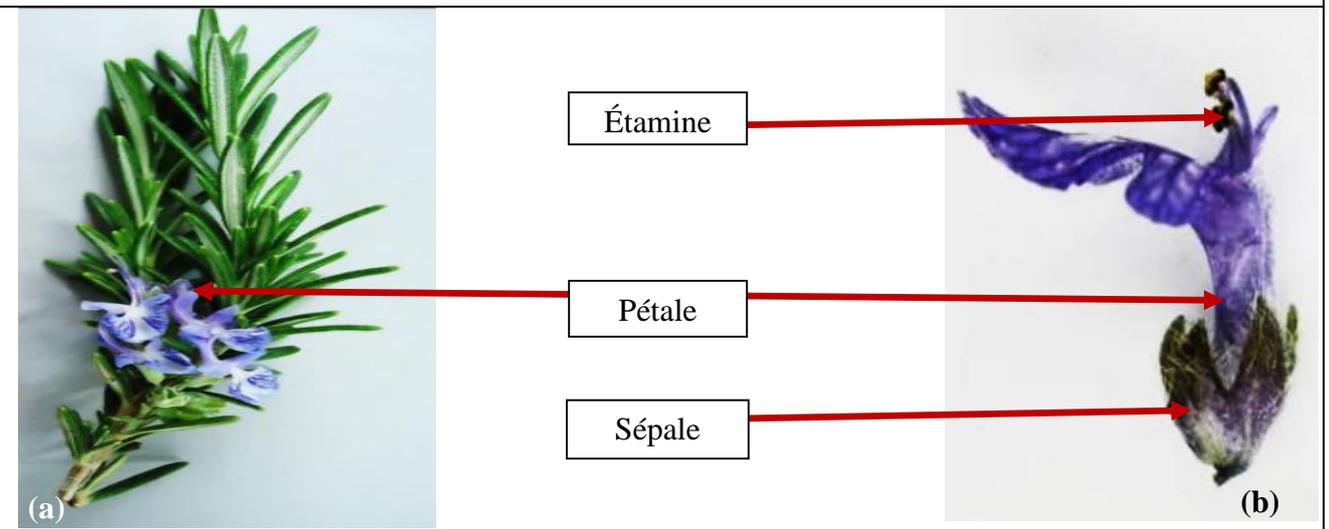
**Intérêts économiques :**

Le romarin possède de nombreuses vertus phytothérapeutiques.

Il est connu à l'échelle mondiale comme plante aromatique et médicinale qui fait l'objet d'usages multiples allant du simple usage de la médecine traditionnelle aux multiples usages industriels : pharmacologie, agroalimentaire, cosmétique et autres.

**Biologie florale présentée par Al-Sereitia (1999).**

Le romarin est un arbrisseau. La floraison commence dès le mois de février, parfois en janvier, et se poursuit jusqu'en avril-mai. Certaines variétés peuvent fleurir une deuxième fois en début d'automne. La couleur des fleurs, qui se présentent en grappes assez semblables à des épis, varie du bleu pâle au violet. Elles portent deux étamines ayant une petite dent vers leur base. La lèvre inférieure de la corolle est profondément divisée.



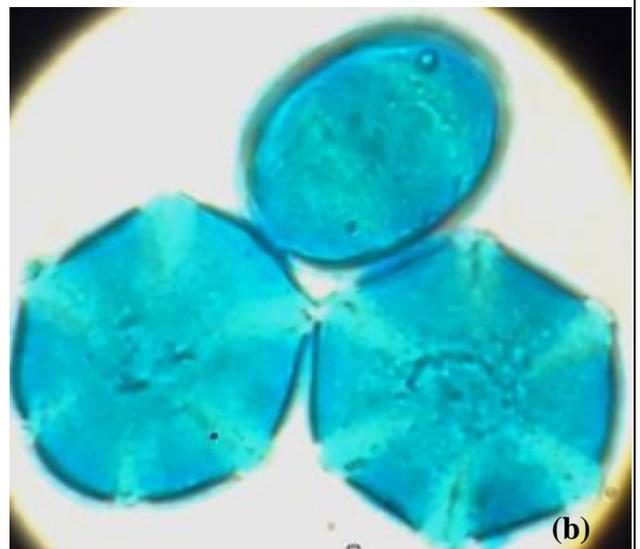
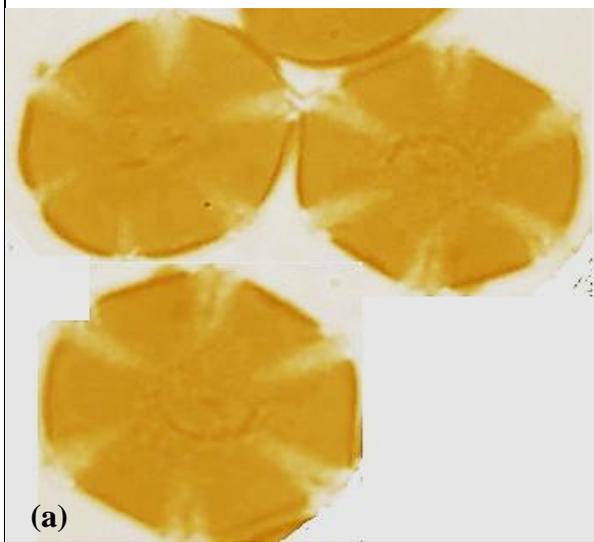
**Fig .40 (49) - (a)** Morphologie de l'inflorescence et de la fleur.



étamine

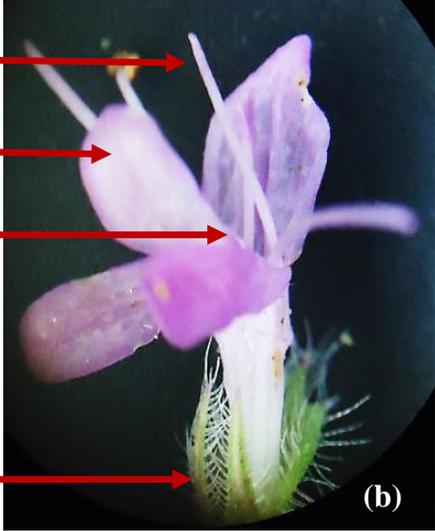
fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	Leur calice est velu
	Les sépales à dents bordées de blanc	bleu-violet.		deux étamines ayant une petite dent vers leurs bases		

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



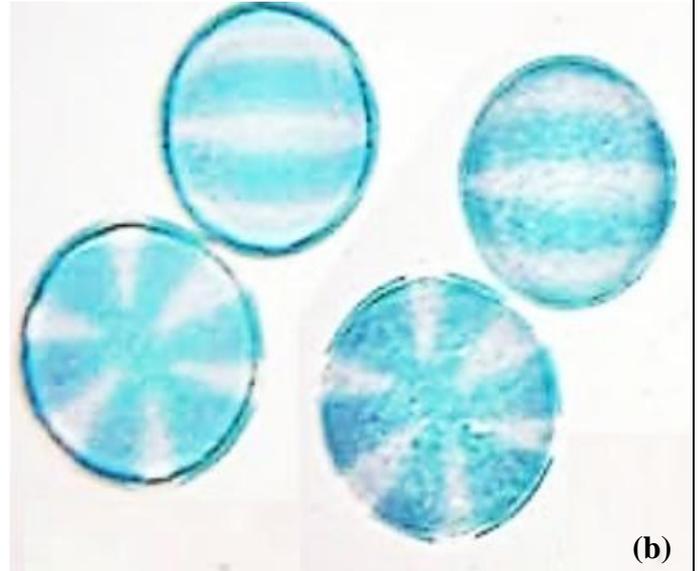
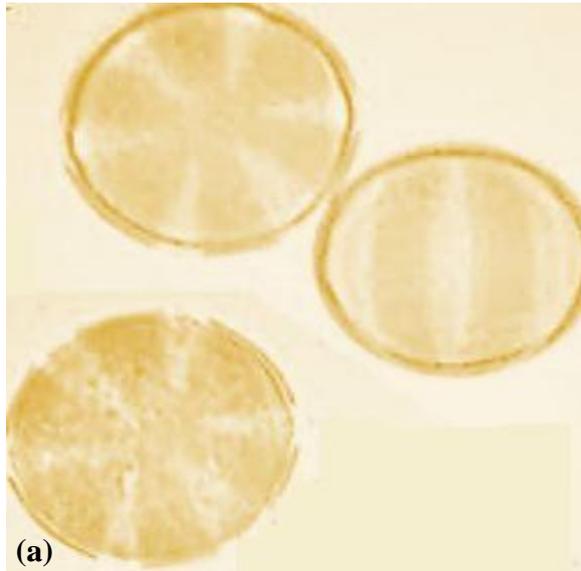
**Fig .40 (49)-** Photographie microscopique des grains de pollen de (b)  
(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
zonacolpé	ronde	Six sillons	psilate.

<p><b>Famille des :</b> Lamiacées ou Labiacées</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Thymus serpyllum</i> L. (Thym)</p>
<p><b>Intérêts économiques :</b></p> <p>Cette plante aromatique très odorante, utilisée dans la cuisine et recommandée contre tous les types de faiblesse. Elle est également utilisée dans l'industrie pharmaceutique et parapharmaceutique ainsi que pour la fabrication de parfums.</p>	
<p><b>Biologie florale présentée par Couplan (2012).</b></p> <p>C'est une plante aromatique basse, qui ne dépasse pas 10 cm de hauteur. Les fleurs éclosent en épis aux aisselles des feuilles.</p>	
 <p>(a)</p>	 <p>Étamine</p> <p>Pétale</p> <p>Pistil</p> <p>Sépale</p> <p>(b)</p>
<p><b>Fig .40 (50) -</b> Morphologie de l'inflorescence et de la fleur.</p> <p>(a)</p>	
	
<p>étamine</p>	

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
0.5 cm	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	Leur calice est velu
	5 Sépales	5 pétales bleu-violet.	rose-move	4 étamines	2 Carpelles	

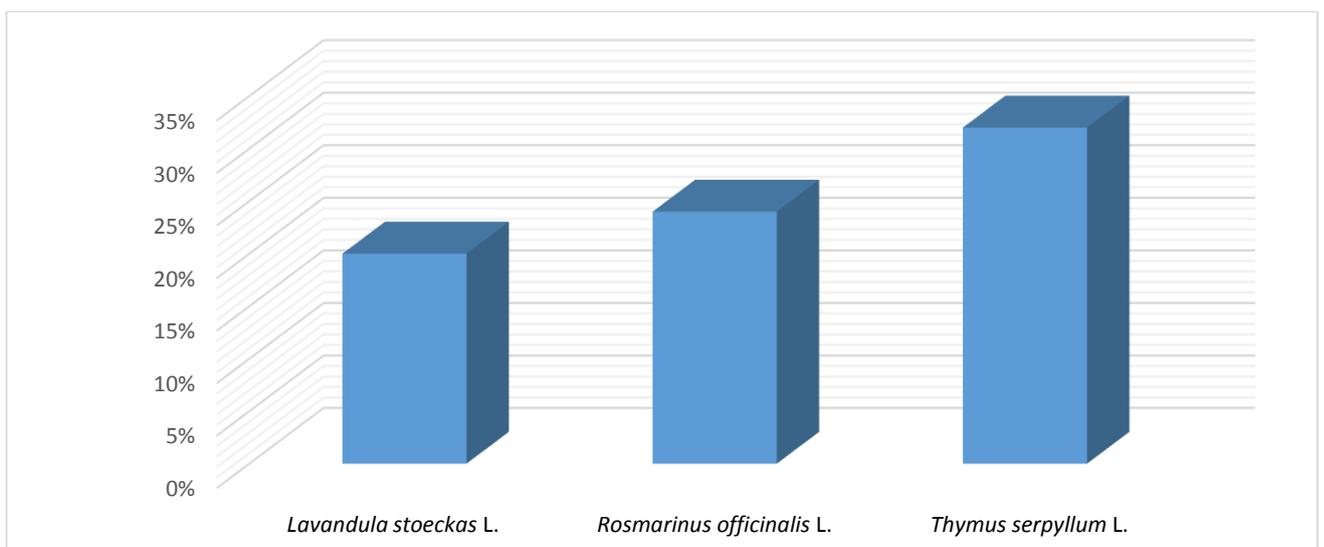
**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig .40 (49)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Thymus serpyllum* L. (vue polaire, vue équatorial : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
zonacolpé	ronde	Six sillons	psilate.

**Pourcentage de germination des grains de pollen :**



**Fig .40 (49)-** Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Lamiacées.

<p><b>Famille des :</b> ALliaceae (Alliacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Allium sativum</i> L. (Ail)</p>
---	---

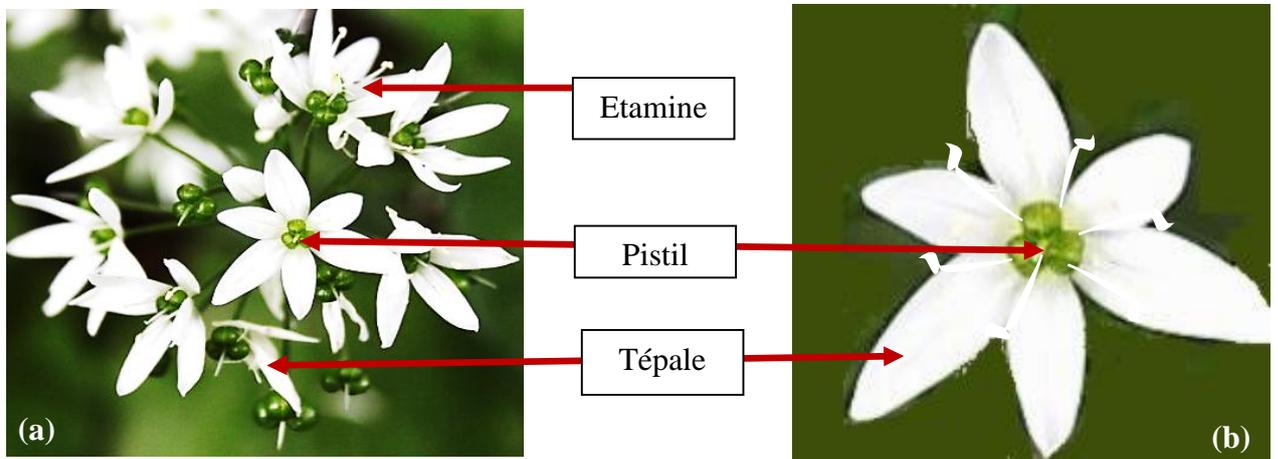
**Intérêts économiques description selon Silagy & Neil (1994).**

L’Ail est aujourd'hui toujours très apprécié pour ses qualités gustatives et médicinales. Il a des effets hypolipidémiant, anticoagulant, antihypertenseur, chélateur, antioxydant, immunostimulant.

**Biologie florale :**

C’est une plante bisannuelle, monocotylédone. La fleur est hermaphrodite, à symétrie bilatérale.

Les fleurs sont groupées en ombelles. Assez peu nombreuses, elles sont de couleur blanche ou rose et s'épanouissent en été.



. Fig .40 (14) - Morphologie de l’inflorescence et de la fleur.  
(a)



Pistil



étamine

fleur				
Taille	Couleur des	Nombre		duvet
0.8 cm	Tépale	étamine	Pistil	-
	6 blancs	6	carpelles soudés ; ovaire supère	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

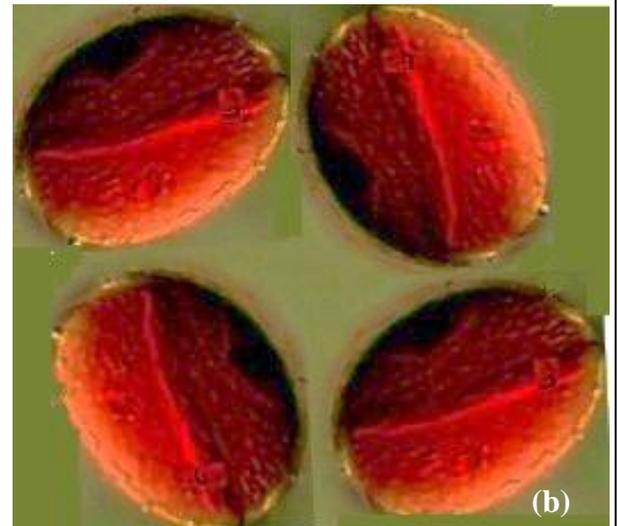
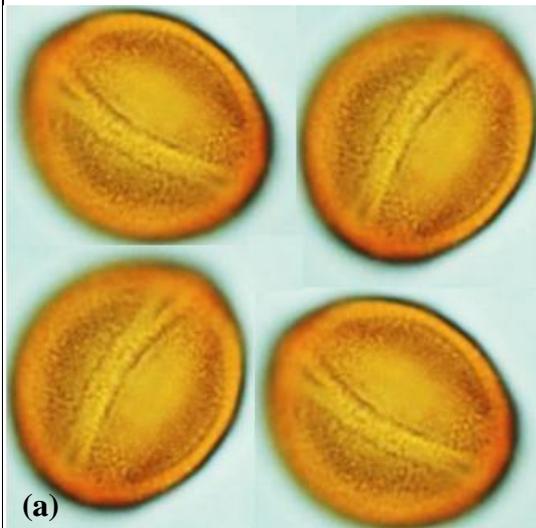
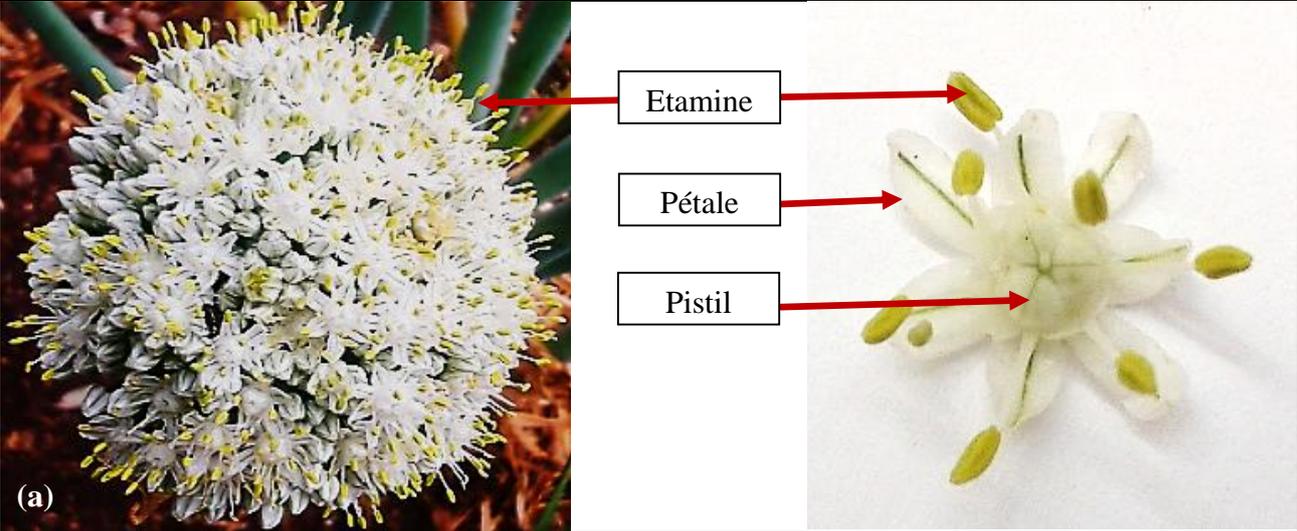


Fig .40 (14)-(b) Photographie microscopique des grains de pollen d' *Allium sativum* L.  
(a - sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
Monocolpé	ovale	Un seul sillon	psilate.

<p><b>Famille des :</b> Alliaceae (Alliacées)</p> <p><b>Intérêts économiques :</b></p> <p>L'oignon est cultivé comme plante potagère pour ses bulbes de saveur et d'odeur fortes ou pour ses feuilles. L'oignon est utilisé à la fois comme légume et comme condiment.</p> <p><b>Biologie florale présentée par</b> Pitrat, &amp; Foury (2003).</p> <p>L'oignon est une espèce de plantes herbacées bisannuelles (floraison la deuxième année). C'est une plante haute de 60 à 100 cm. La tige florale dressée est également creuse. Elle présente un renflement vers sa base.</p> <p>Les fleurs petites, de couleur blanche ou verte, sont regroupées en une ombelle sphérique, en position terminale sur la tige. Les fleurs ont une symétrie trimère, à trois sépales, trois pétales et six étamines. L'ovaire unique est divisé en trois loges. On peut compter environ 600 fleurs par ombelle.</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Allium cepa</i> L. ( Oignon)</p>  <p><b>Fig .40 (15) -</b> Morphologie de l'inflorescence et de la fleur.</p>
 <p>Pistil</p>	 <p>étamine</p>

Fleur (blanche)					
Taille	Couleur des		Nombre		duvet
	Sépales	Pétales	étamine	pistil	
6 mm	×	6 blancs, organisés en 2 cercles, chaque un porte trois pétales.	6 dans deux cercles	3 carpelles soudés	-

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

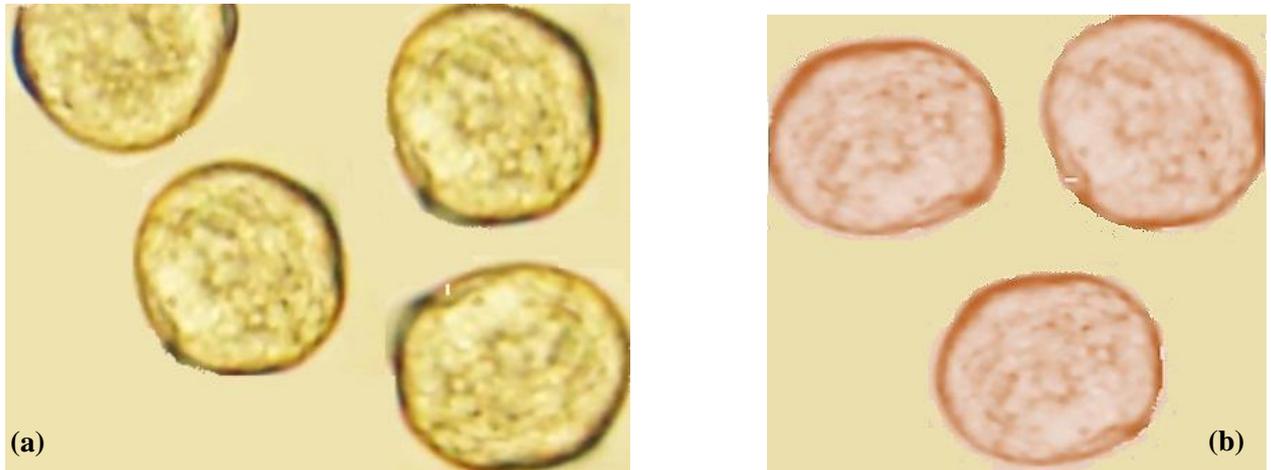


Fig .40 (15)- Photographie microscopique des grains de pollen d'*Allium cepa* L.  
 (a) sans coloration, (b) coloré au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
biporé	ronde	deux pores	psilate.

Pourcentage de germination des grains de pollen :

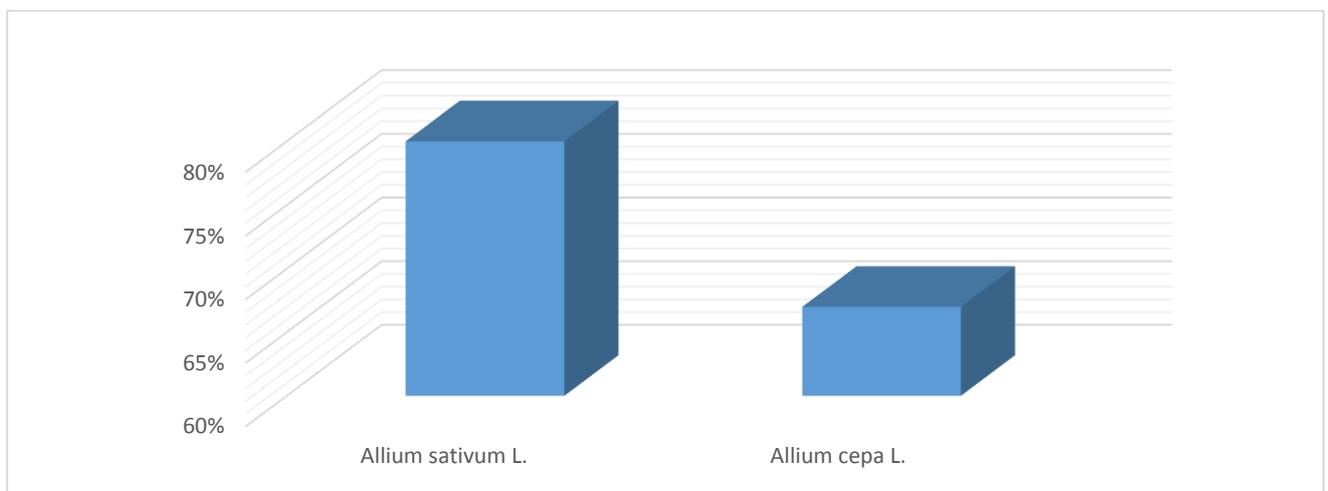


Fig .40 (15)- Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Alliées.

<p><b>Famille des :</b> Moraceae (Moracées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Ficus carica</i> L. (Figuier)</p>
---	---

**Intérêts économiques :**

Le figuier est un petit arbre, le plus souvent de trois à quatre mètres de haut. Il est utilisé en gastronomie algérienne et en médecine populaire, utilisé pour soigner les verrues,

**Biologie florale :**

Le figuier est considéré comme une espèce dioïque bien que les deux types de figuiers soient morphologiquement hermaphrodites. La dioécie est seulement fonctionnelle. Les fleurs sont regroupées en une inflorescence appelée sycone ou figue. Ces inflorescences consistent en un réceptacle floral, charnu à maturité.



**Fig. 40 (16)-(a)** Morphologie de l'inflorescence et leur coupe longitudinale.



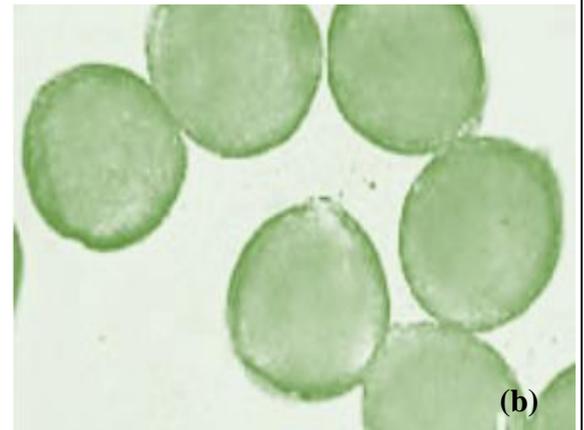
la fleur



le calice

Fleur				
Taille	Couleur des		Nombre	duvet
0.1 cm	Sépales	pétales	Pistil	-
	4 libres	×	Ovaire supère à un, carpelle.	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



**Fig .40 (16)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Ficus carica* L.  
 (b)  
 (a - sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
biporé	ronde	deux pores	psilate.

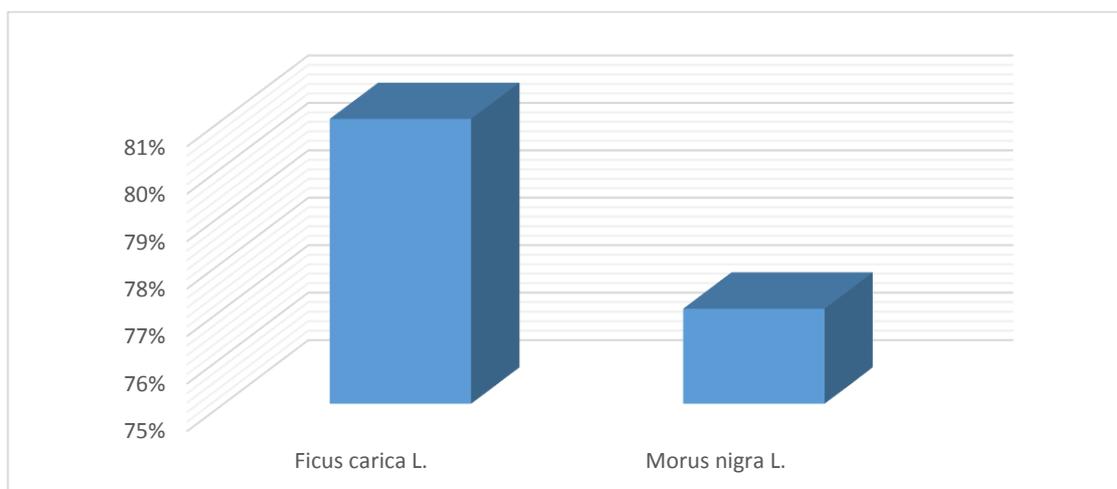
<b>Famille des : Moraceae (Moracées)</b>	<b>Espèce : <i>Morus nigra</i> L. (Mûrier noir)</b>
<b>Intérêts économiques description selon Meynadier (2002).</b> <p>Le mûrier se prête à beaucoup d'usages. Ses fruits bien entendu sont très appréciés puisqu'on peut les déguster cuits, crus ou en gelée, on peut également s'en servir pour faire du vinaigre, du sirop astringent, ou encore pour lutter contre les maux de gorge. Son bois est très prisé des ébénistes, et sert également à faire de la pâte à papier.</p>	
<b>Biologie florale présentée par Meynadier (2002).</b> <p>Le mûrier noir est un arbre monoïque à croissance lente pouvant atteindre 10 à 20 mètres de hauteur. L'arbre ne donne pas de fleur mais voit apparaître en mai-juin de petits chatons unisexués.</p>	
 <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>
<b>Fig .40 (17) - Morphologie de l'inflorescence (a) et de la fleur (b).</b> (a)	



**Fig .40 (17)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Morus nigra* L.  
**(b)** (a - sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
bisacculé	en groupe (ballonnet).	Un seul pore	psilate.

**Pourcentage de germination des grains de pollen :**



**Fig .40 (17)-** Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Moracées.  
**(c)**

**Famille des : Oléaceae (Oléacées)**

**Espèce : *Fraxinus excelsior* L. (Frêne)**

**Intérêts économiques description selon Collin *et al.* (1997).**

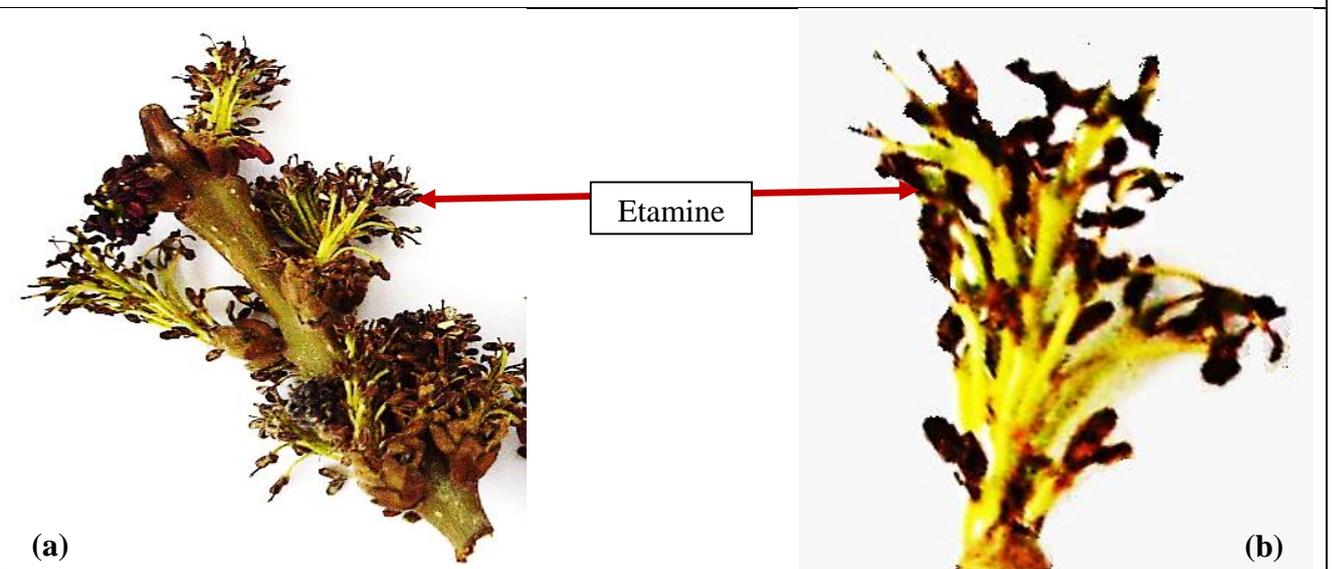
Arbre d'alignement. Le frêne est aussi un arbre d'ornement. Il donne un bois clair, souple et résistant ; il est recherché pour certains usages en raison de sa résistance à la flexion et aux chocs.

Le feuillage peut servir à la nourriture des animaux de ferme.

Le *Fraxinus excelsior* L. est l'un des arbres médicinaux les plus utilisés. Son écorce et ses feuilles ont des vertus diurétiques et anti-inflammatoires contre la goutte et les rhumatismes.

**Biologie florale présentée par Collin *et al.* (1997).**

Le frêne est un grand arbre, pouvant aller jusqu'à 45 m de hauteur. Les sexes sont généralement séparés (plante dioïque) mais on trouve des individus monoïques. Les fleurs sont nues (sans enveloppes), insignifiantes, de couleur tirant sur le rouge ; elles comportent seulement deux étamines ou un stigmate bifide. L'inflorescence est une panicule

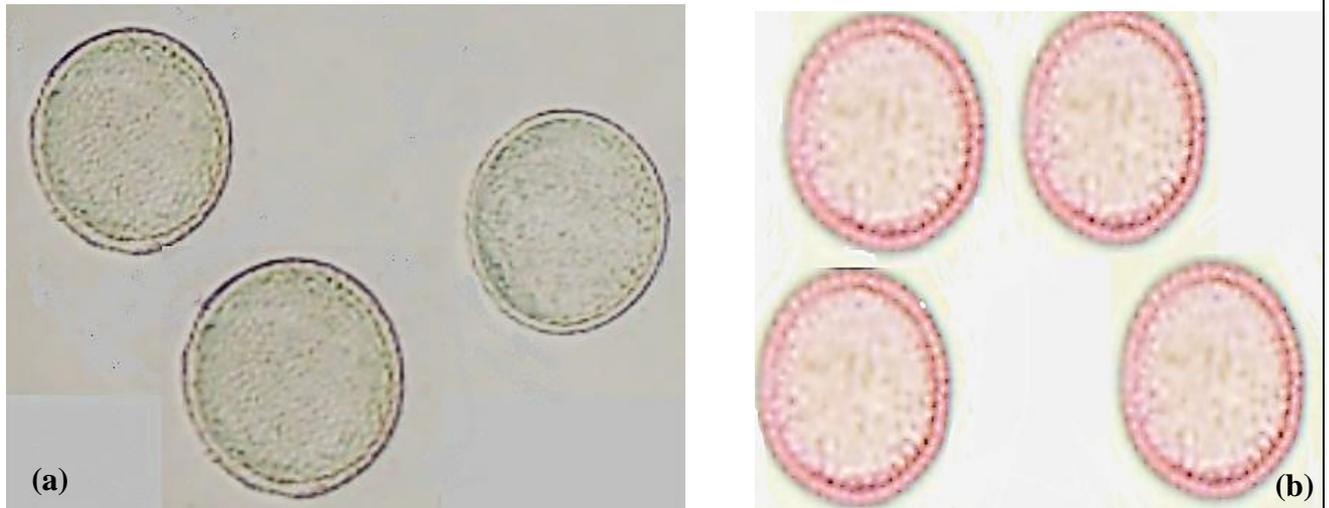


**Fig .40 (18) : Morphologie de l'inflorescence.**

(a)

Fleur				
Taille	Couleur des		Nombre	duvet
0.1 cm	Sépales	pétales	étamine	-
	×	×	2 étamines	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen.



**Fig .40 (18)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Fraxinus excelsior* L.  
**(b)** (a - sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	psilate.

<p><b>Famille des :</b> Oleaceae (Oleacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Jasminum fruticans</i> L. (Jasmin)</p>
---	--

**Intérêts économiques :**

Le Jasmin est cultivé en terrain sec, pour ses qualités ornementales.

**Biologie florale présentée par Guitián & Guitián (1998).**

Le *Jasminum fruticans* L. est un sous-arbrisseau de 30 cm à un peu plus d'un mètre. Il fleurit au printemps et au début de l'été.

L'inflorescence thyrsoidé (de 3-5 fleurs) apparait à l'aisselle des feuilles et à l'extrémité des rameaux. La fleur comporte un calice court, vert, tubulé. La corolle jaune en entonnoir (de 8–15 mm)

Les fleurs ne sont pas parfumées ou très peu.

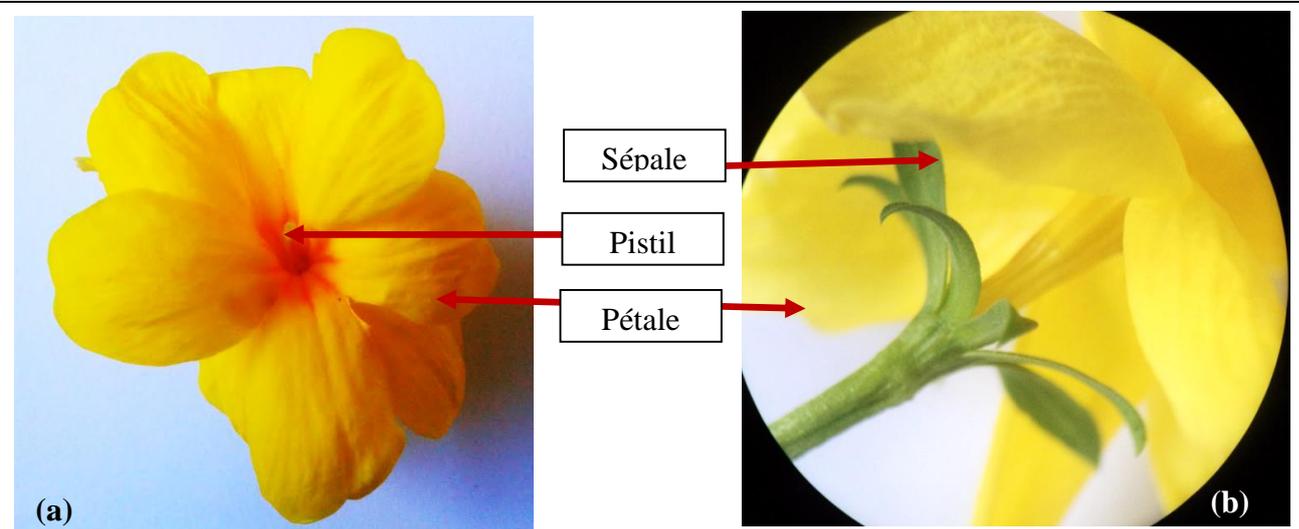


Fig .40 (19) - Morphologie de la fleur.  
(a)



Pistil



étamine

Fleur (jaune)					
Taille	Couleur des		Nombre		duvet
	Sépales	pétales	Etamine	pistil	
3.66 cm	6 soudés	7 soudés et alternes	2 étamines attachées à l'intérieur du tube de la corolle	2 carpelles soudés chaqu'un comporte deux ovules.	-

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

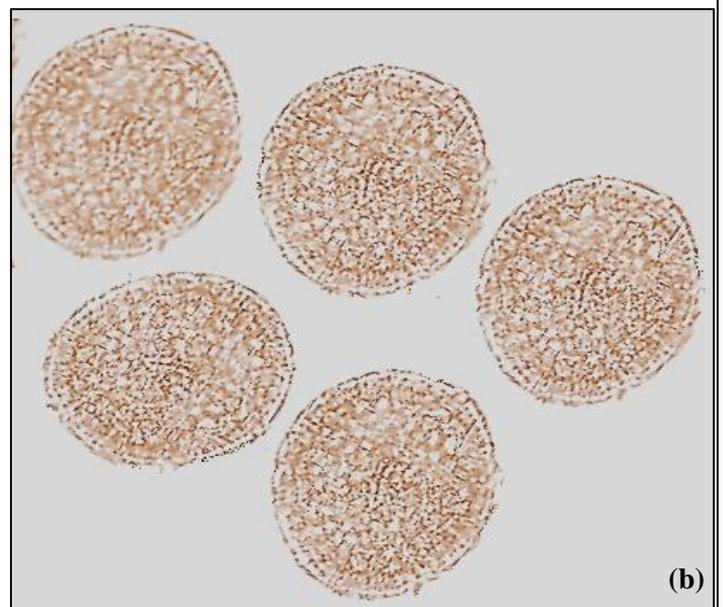


Fig .40 (19)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Jasminum fruticans* L.

(b)

(a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	reticulate

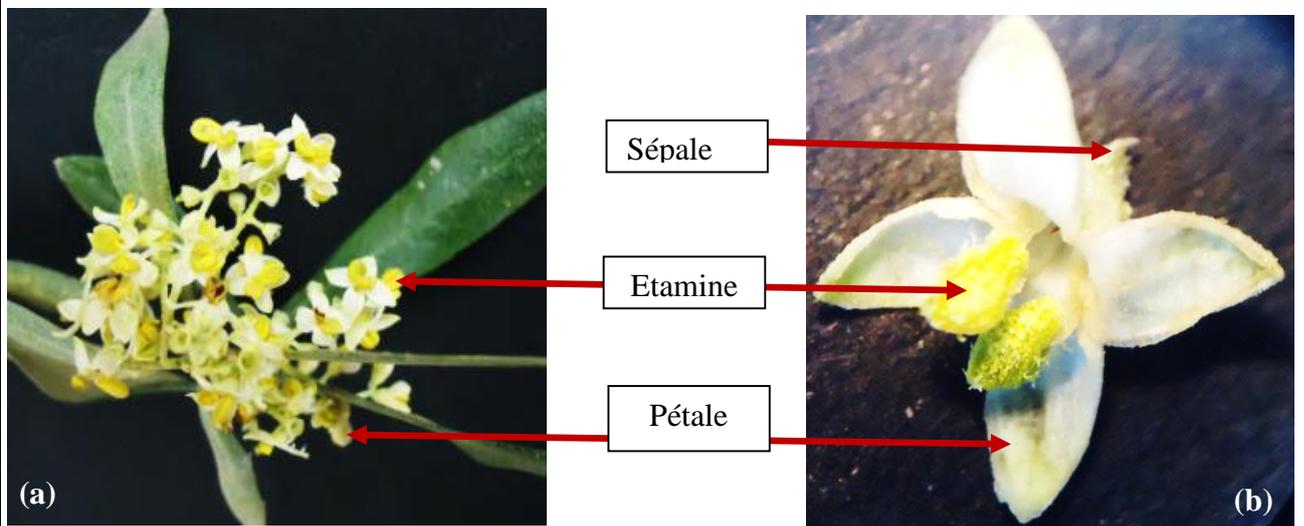
<p><b>Famille des :</b> Oleaceae (Oleacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Olea europea</i> L. (Olivier)</p>
---	---

**Intérêts économiques :**

L'Olivier est un arbre fruitier qui produit les olives, un fruit consommé sous diverses formes et dont on extrait une des principales huiles alimentaires, l'huile d'olive.

**Biologie florale présentée par Breton & Bervillié (2012).**

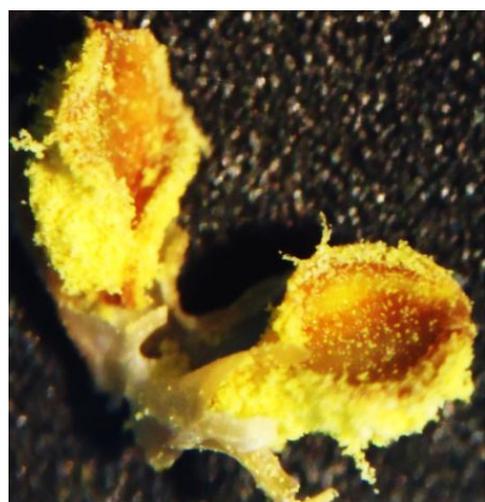
Les représentants de l'espèce *Olea europaea* sont des arbustes ou arbres pouvant atteindre jusqu'à 15 m de hauteur. Les fleurs, blanches ou jaunâtres, sont groupées en panicules axillaires.



**Fig .40 (20) - Morphologie de l'inflorescence et de la fleur.**  
(a)



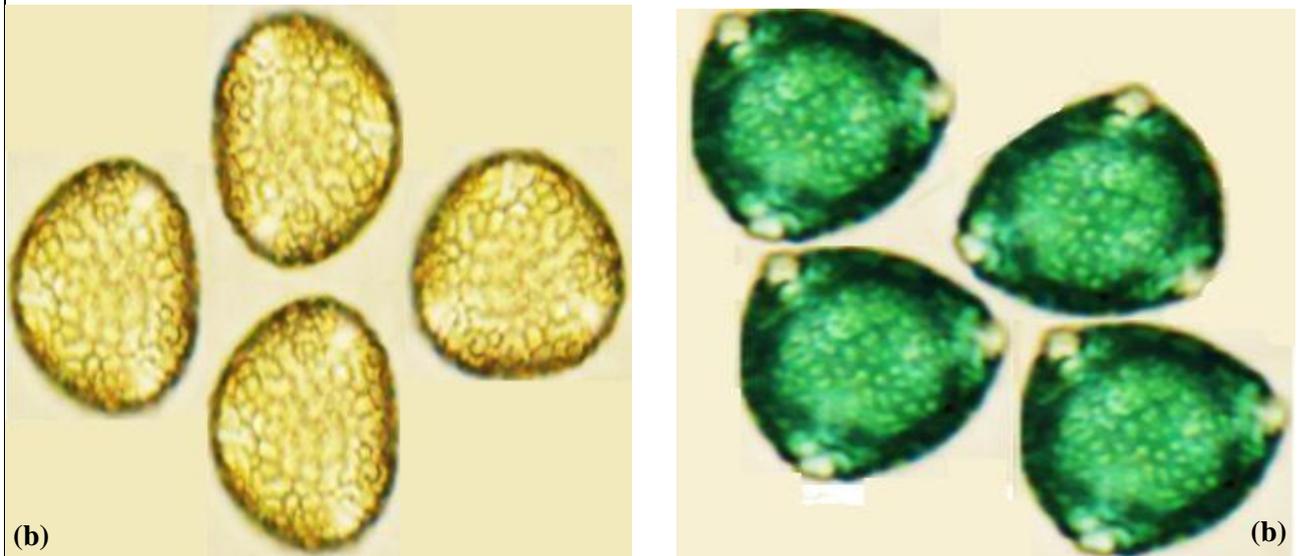
Pistil



étamines

Fleur (jaune)					
Taille	Couleur des		Nombre		duvet
	Sépales	pétales	Étamine	pistil	
0.1 cm	Le calice est soudé, à 4 lobes triangulaires, est court.	Les corolles forment des tubes à 4 pétales.	2 étamines	L'ovaire supère est de forme conique plus ou moins renflée.	-

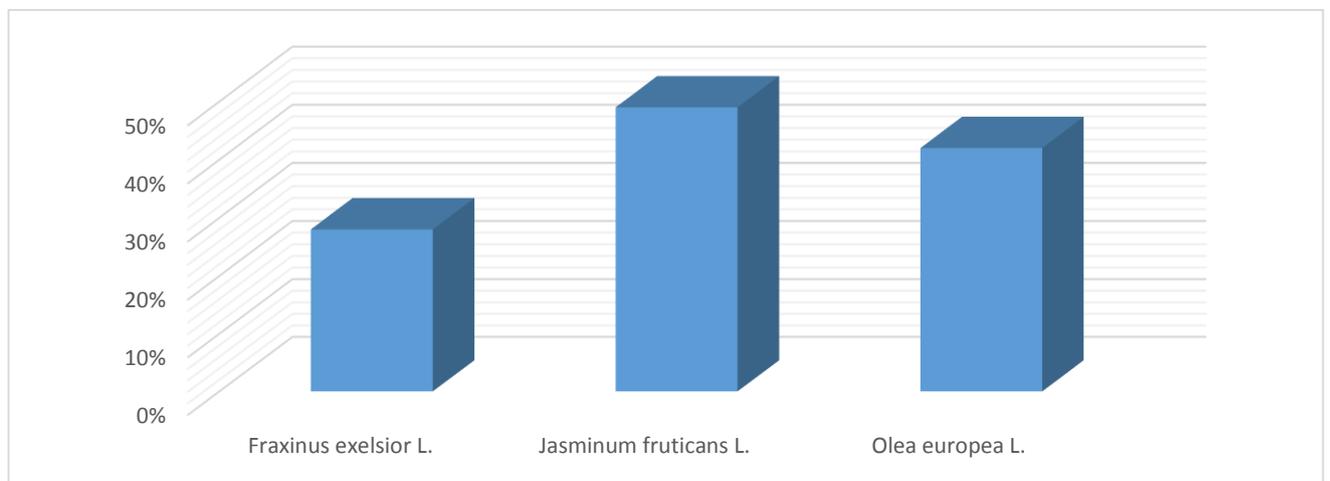
**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig .40 (20)-** Photographie microscopique des grains de pollen d'*Olea europaea* L.  
 (b) (a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé, tricolpé	triangulaire à trilobée	trois pores	verrucate

**Pourcentage de germination des grains de pollen :**



**Fig .40 (20)-** Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Oleacées.  
 (c)

<p><b>Famille des : Poaceae (Poacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Triticum durum</i> Desf. (Blé dur)</b> <b>Haurani</b></p>
---	---

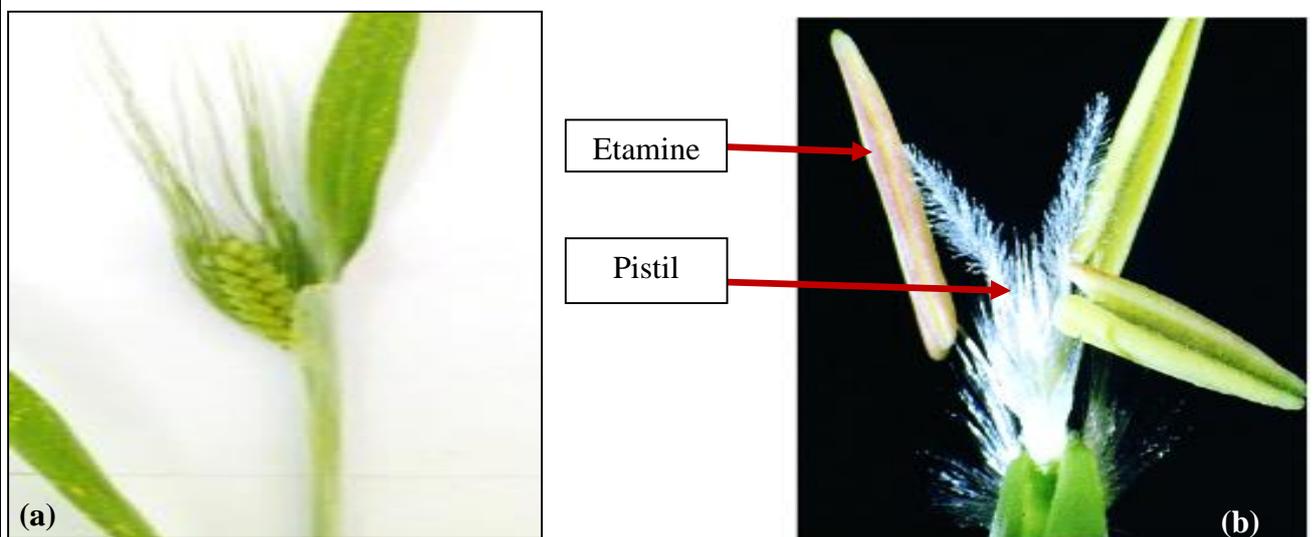
**Intérêts économiques :**

En raison de sa dureté, le blé dur n'est pas consommé en l'état. Il doit être transformé en semoule qui sert principalement à la production de pâtes alimentaire.

**Biologie florale présentée par Marchenay (1987).**

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones. Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles car a chlamydes. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes.

Il faut une centaine de jours environ pour réaliser un cycle de développement complet de graine à graine.

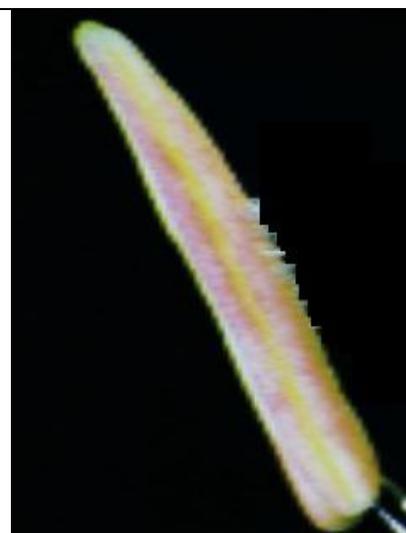


**Fig .40 (21) - Morphologie de la fleur.**

(a)



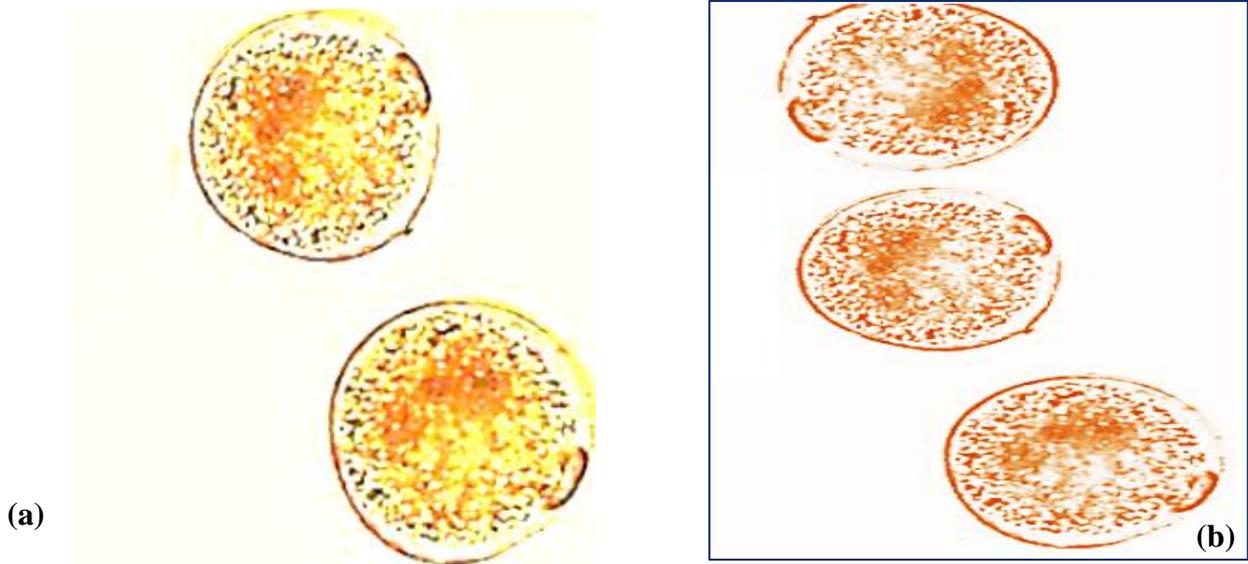
Pistil



étamine

Fleur				
Taille	Couleur des	Nombre		duvet
0.4 cm	Tépales	Etamine	pistil	-
	4 blancs soudés avec un diamètre de 0.3 cm	3	2 carpelles soudés chaqu'un comporte 2 ovules.	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



**Fig. 40 (23)-** Photographie microscopique des grains de pollen de  
(b)  
(a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
ulculé	ronde	Un seul pore	psilate

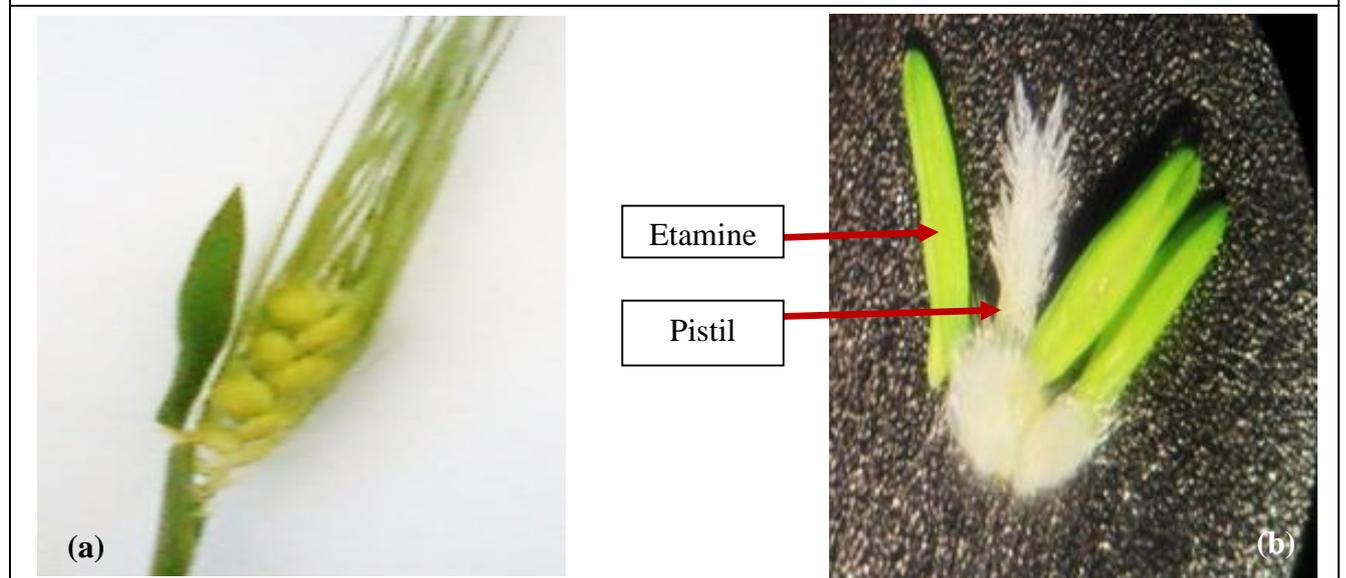
<p><b>Famille des : Poaceae (Poacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Triticum aestivum</i> L. (Blé tendre)</b> <b>Florence Aurore</b></p>
---	--

**Intérêts économiques :**

Le blé tendre est très employé pour l'alimentation du bétail. Il est aussi utilisé pour produire la farine pour la fabrication du pain, de pâtisseries et autres aliments.

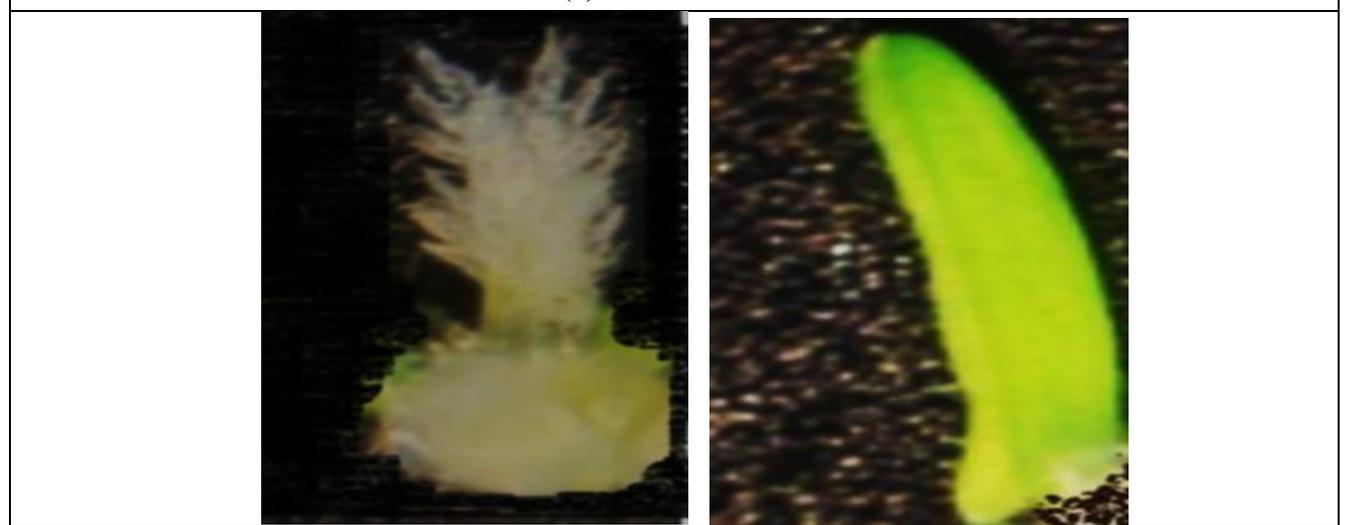
**Biologie florale présentée par Marchenay (1987).**

Le blé tendre est une espèce de plantes monocotylédones, c'est une plante herbacée annuelle, L'inflorescence est formée d'un épi, simple, linéaire ou oblong, bilatéral, de 5 à 18 cm de long. Les épillets fertiles, ovales, comprimés latéralement, de 10 à 15 mm de long sur 9 à 18 mm de large, comprennent de 2 à 4 fleurons fertiles, avec des fleurons réduits à l'apex. Ils sont persistants sur la plante



**Fig. 40 (22)- Morphologie de la fleur.**

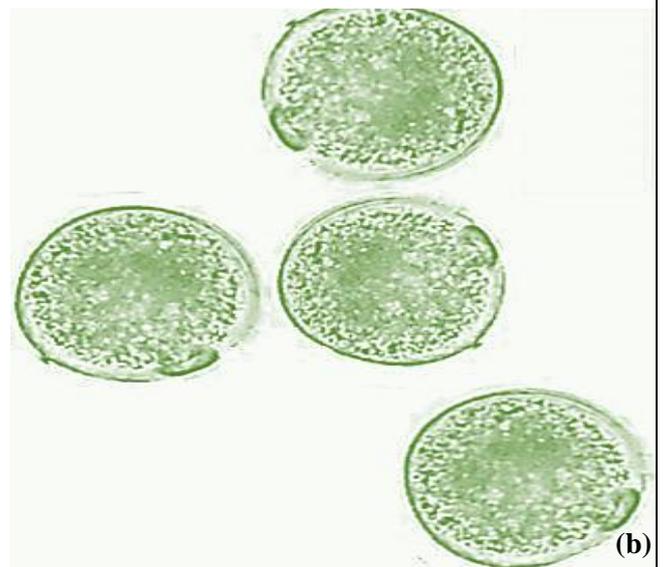
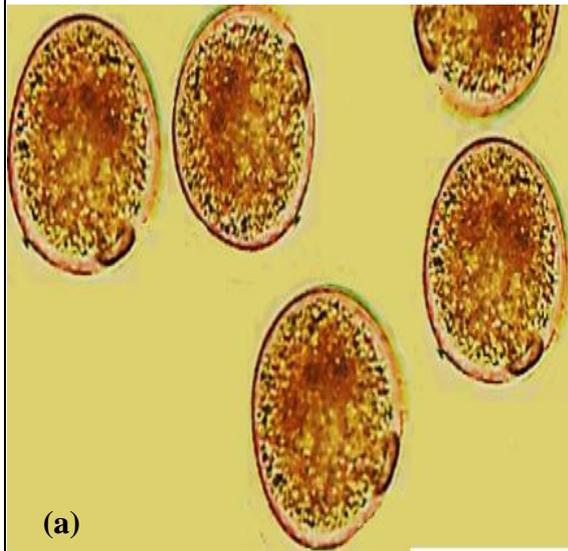
(a)



Pistil

étamine

Fleur				
Taille	Couleur des	Nombre		duvet
0.4 cm	Tépales	Etamine	pistil	-
	4 blancs soudés avec un diamètre de 0.3 cm	3	Un ovaire	



**Fig. 40 (23)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *triticum eastivum* L.  
 (b)  
 (a - sans coloration, b- colorés au vert de Méthyle).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
ulculé	ronde	Un seul pore	psilate

<p><b>Famille des : Poaceae (Poacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Hordeum vulgare</i> L. (Orge)</b> <b>Saïda 183</b></p>
---	--

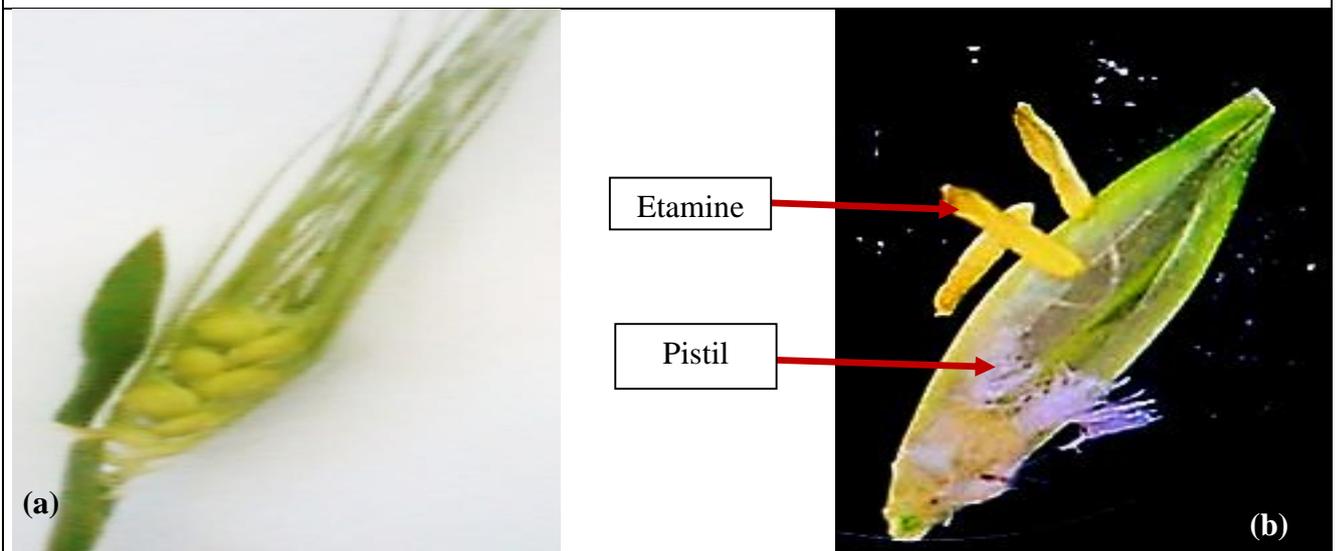
**Intérêts économiques description selon Mayer *et al.* (2012).**

Au niveau mondial, l'utilisation de l'orge se répartit entre l'alimentation animale (55 à 60 %), l'alimentation humaine (2 à 3 %) et la production de semences (5 %)

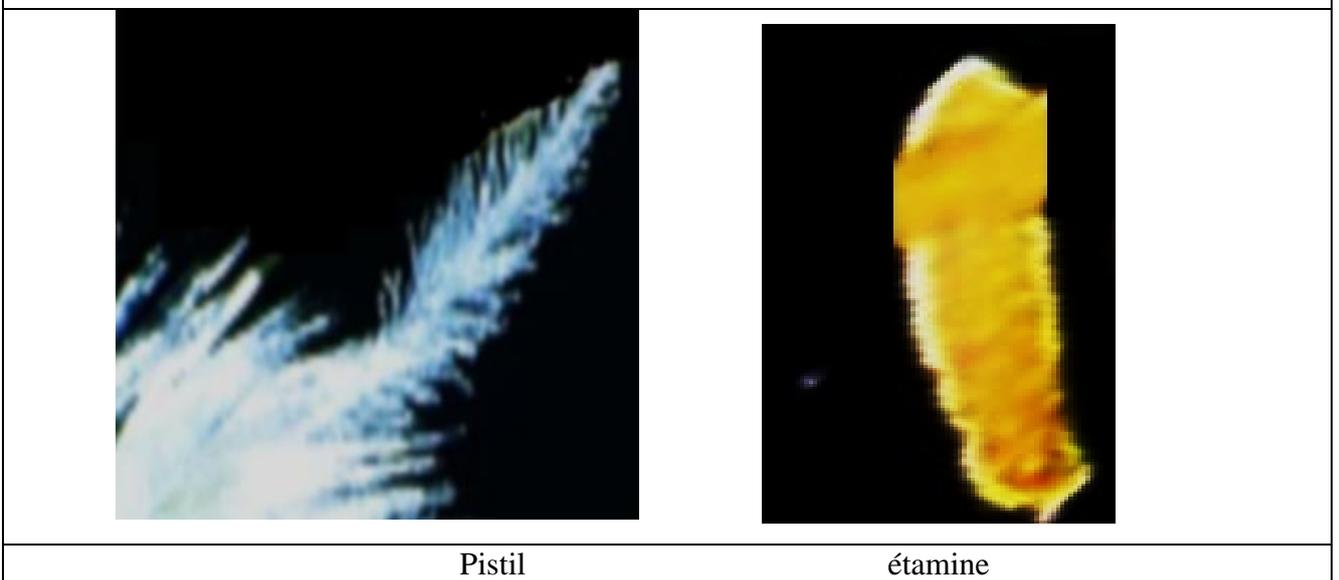
**Biologie florale présentée par Mayer *et al.* (2012).**

L'orge est une céréale à paille, plante herbacée annuelle. Il est caractérisé par ses épis aux longues barbes.

L'inflorescence est un épi terminal pouvant atteindre 20 cm de long, de forme linéaire oblongue. Les épillets, sessiles, sont disposés trois par trois sur les deux côtés d'un rachis aplati. Ces épillets sont tous fertiles chez les variétés d'orge à 6 rangs, tandis que les orges à 2 rangs les épillets latéraux sont stériles.



**Fig. 40 (23)** (a) -Morphologie de la fleur.



Pistil

étamine

Fleur				
Taille	Couleur des	Nombre		duvet
	Tépales	Etamine	pistil	
0.4 cm	4 blancs soudés avec un diamètre de 0.3 cm	3	2 carpelles soudés chaqu'un comporte 2 ovules.	-

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen.

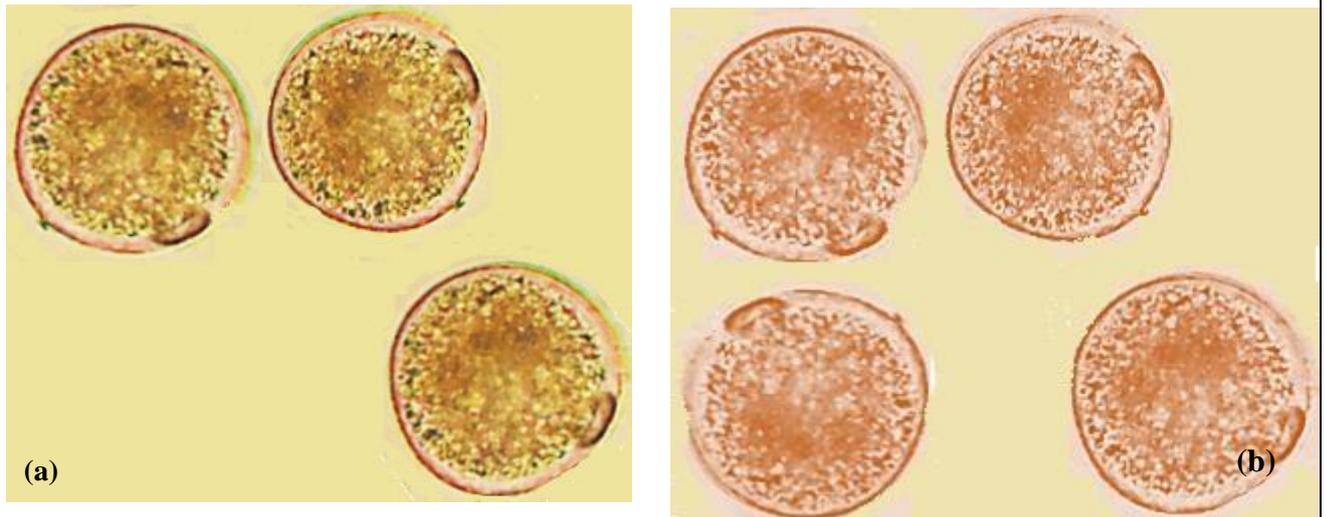


Fig. 40 (23)- Photographie microscopique des grains de pollen d'*Hordeum vulgare* L.  
(b)  
(a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
ulculé	ronde	Un seul pore	psilate

Pourcentage de germination des grains de pollen :



Fig. 40 (23)- Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Poacées.  
(c)

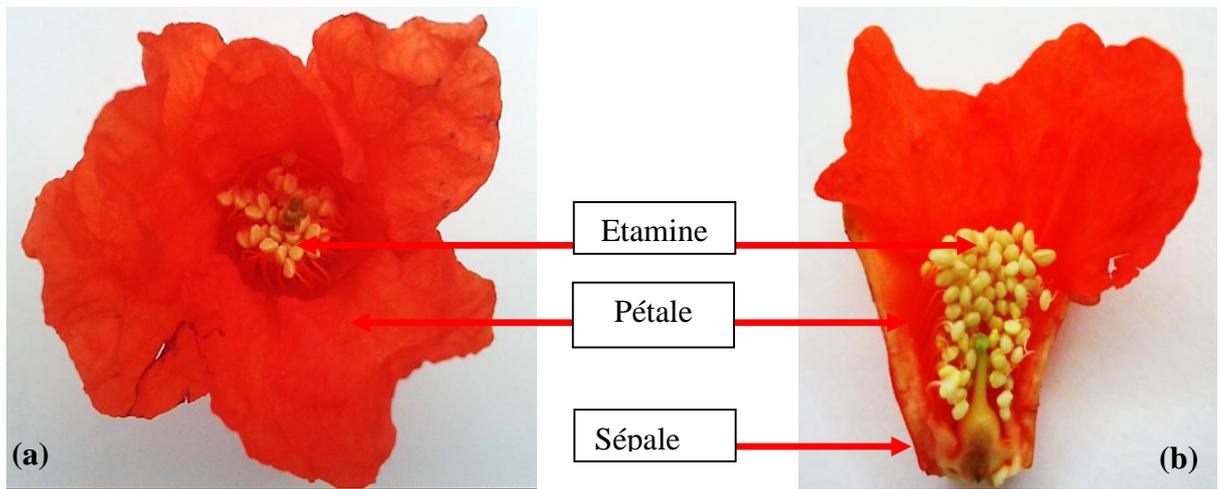
<p><b>Famille des : Punicaceae (Punicacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Punica granatum</i> L. (Grenadier)</b></p>
---	--

**Intérêts économiques description selon Hmid (2014).**

Les fleurs fraîches du grenadier sont utilisées en infusion contre l'asthme. L'écorce du fruit est utilisée contre la dysenterie et l'écorce du tronc et des fruits est utilisée comme plante tinctoriale. L'écorce des racines combat le ténia.

**Biologie florale présentée par Hmid (2014).**

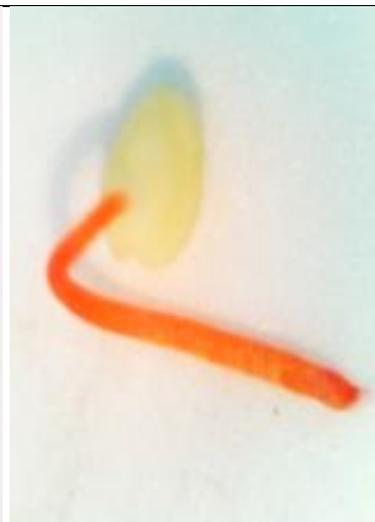
Le grenadier est un petit arbre monoïque autofertile. Il peut atteindre 6 m de hauteur. Il peut vivre jusqu'à 200 ans mais est le plus productif en fruits dans ses 20 premières années de fructification. Ses fleurs apparaissent en trois vagues de mai à août. Seul 1/3 des fleurs donne un fruit car les 2/3 des fleurs sont mâles.



**Fig. 40 (24) - Morphologie de la fleur.**  
(a)



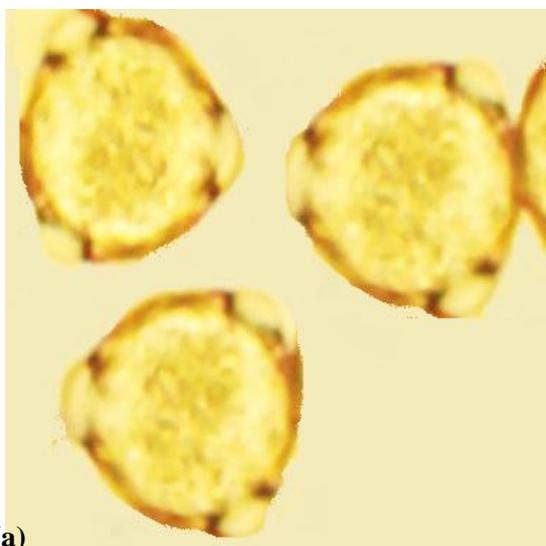
Pistil



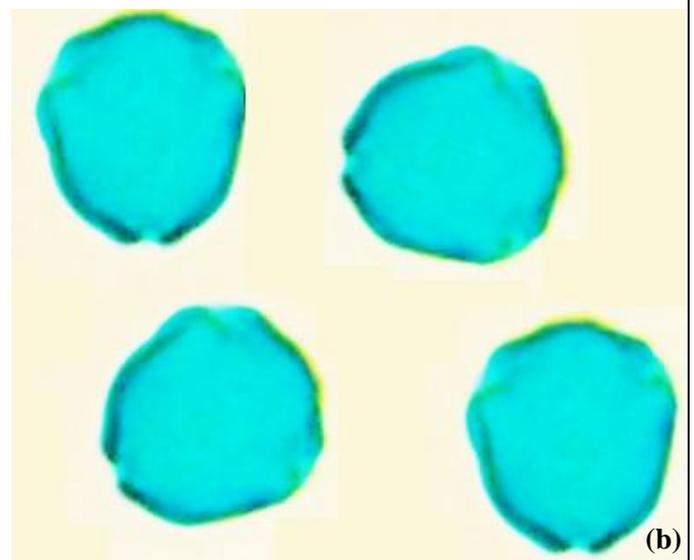
étamine

Grande fleur rouge en entonnoir					
Taille	Couleur des		Nombre		duvet
	calice	pétales	Etamine	pistil	
3.4 cm	Rouge vif divisé en 6 lobes	6 pétales rouges, soudés avec un largeur de 2.1 cm Ils sont ovales et tombent précocement.	nombreuses étamines ( $\infty$ ), libres s'insèrent sur le tube du calice.	1 pistil à un ovaire supère (à deux carpelles soudés)	-

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



(a)



(b)

Fig. 40 (24)(b) Photographie microscopique des grains de pollen de *Punica granatum* L.

(a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (triporé)	triangulaire	Trois pores	psilate.

- Le pourcentage de germination des grains de pollen : 61 %

<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Prunus armeniaca</i> L. (Abricotier)</b></p>
---	--

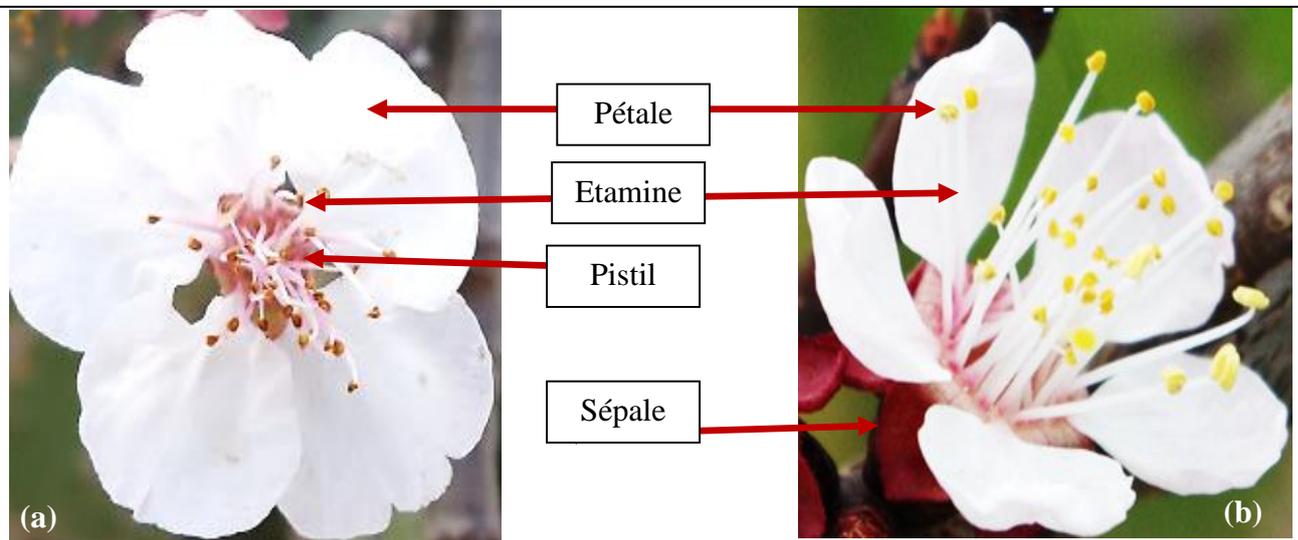
**Intérêts économiques description selon** Benabbes (1990), Bahlouli *et al.* (2008).

En Algérie, l'abricotier possède une place privilégiée dans la vie des agriculteurs, vue la superficie qu'elle occupe et son importance dans le marché national, c'est l'espèce fruitière la plus cultivée devant le pommier, le poirier et le pêcher.

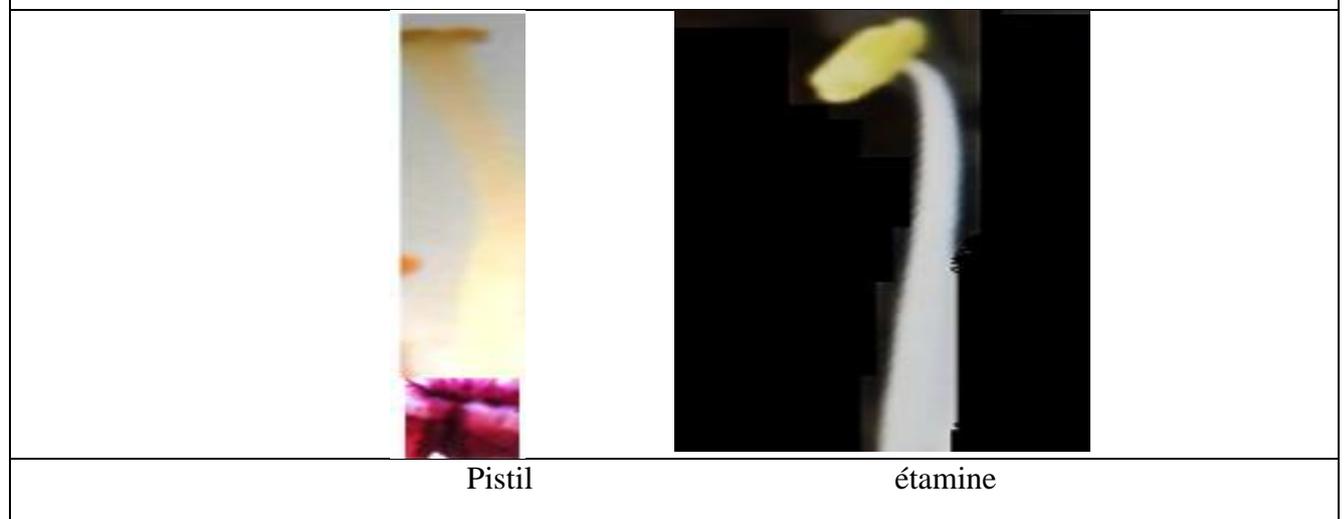
**Biologie florale présentée par** Burnie *et al.* (2005).

L'arbre d'abricotier est de petite taille (de 4 à 6 m) et ses feuilles en forme de cœur ont de longs pétioles. L'induction florale est réalisée au cours de l'année qui précède la floraison. Les fleurs, blanches ou roses, isolées, apparaissent avant les feuilles. Elles sont pentamères (5 sépales et 5 pétales)

Le gynécée est unilocarpellé à ovaire infère non adhérent, contenant 2 ovules.



**Fig. 40 (25)** (a) -Morphologie de la fleur.

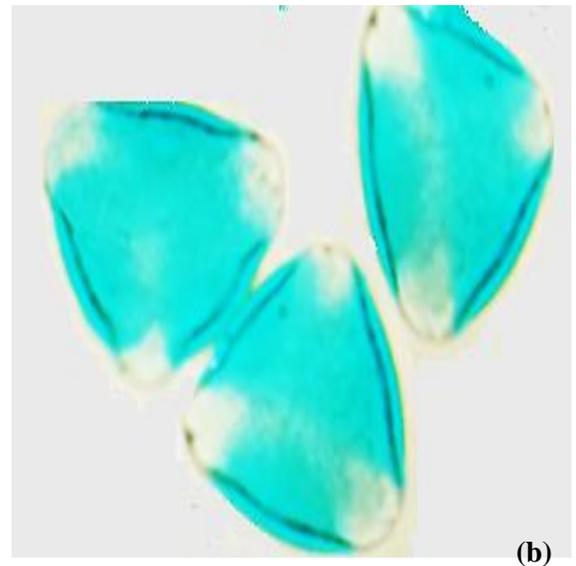
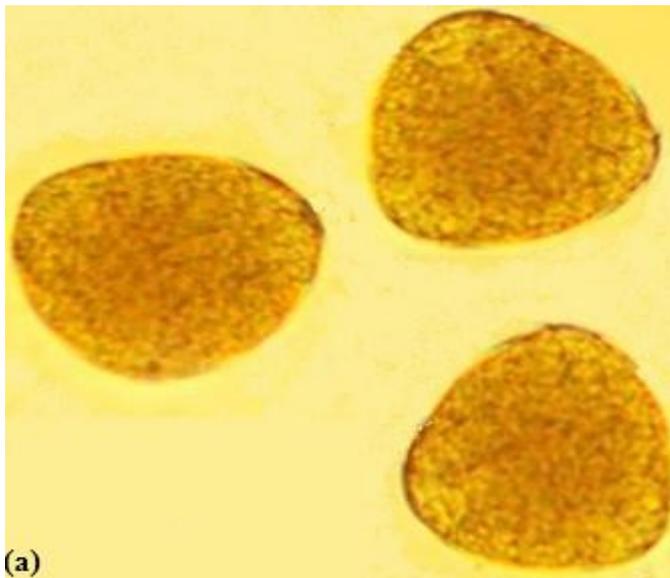


Pistil

étamine

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
4 à 5 cm	Sépales	pétales	styles	étamine	Pistil	-
	5 rouges	5 larges pétales à marges irrégulières blancs ou roses	blanc	25	1	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (25)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Prunus armeniaca* L.  
**(b)** (a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Prunus amygdalus</i> Stokes. (Amandier)</b></p>
---	---

**Intérêts économiques description selon Chakass *et al.* (2013).**

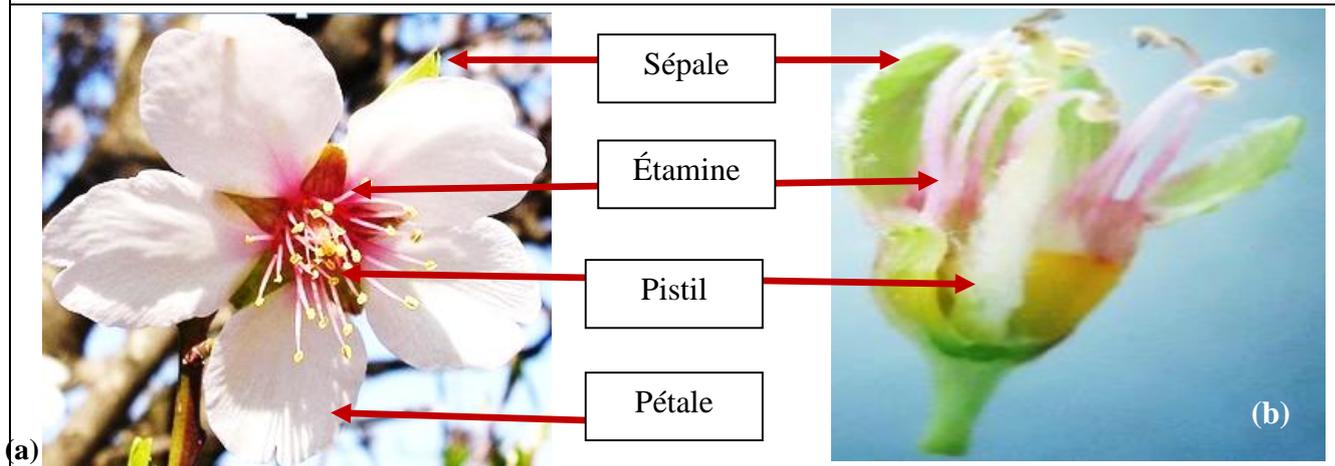
L'amande est très riche en huile, protéines, glucides et vitamines. Elle se mange telle quelle ou séchée. Elle se mange aussi en dragée.

L'huile d'amande amère extraite du noyau est très utilisée pour ses propriétés cosmétiques, adoucissantes et hydratantes en cas d'inflammation cutanée (en dermatologie).

Elle est aussi laxative, utilisée par les éleveurs et vétérinaires comme purgatif pour le bétail.

**Biologie florale présentée par Burnie *et al.* (2005).**

L'amandier est un arbre aux fleurs blanches ou rosées pentamères, apparaissent avant les feuilles. C'est le premier arbre fruitier à fleurir à la fin de l'hiver. Il peut atteindre 6 à 12 mètres de haut. Il vit en moyenne plus de 100 ans.



**Fig. 40 (26) -Morphologie de la fleur.**  
(a)



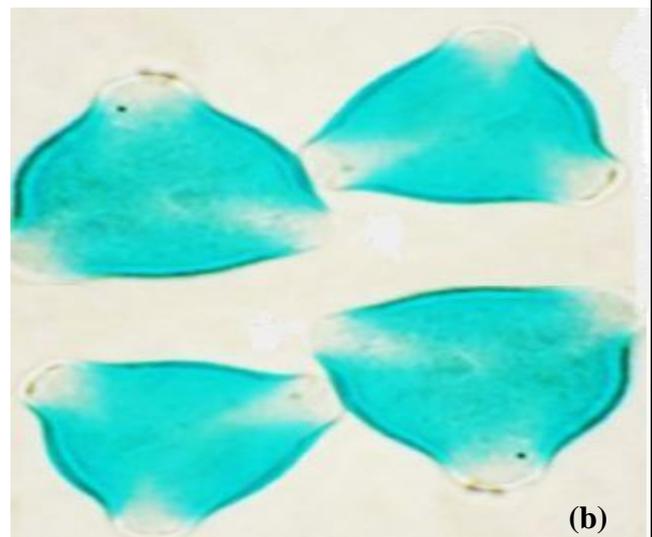
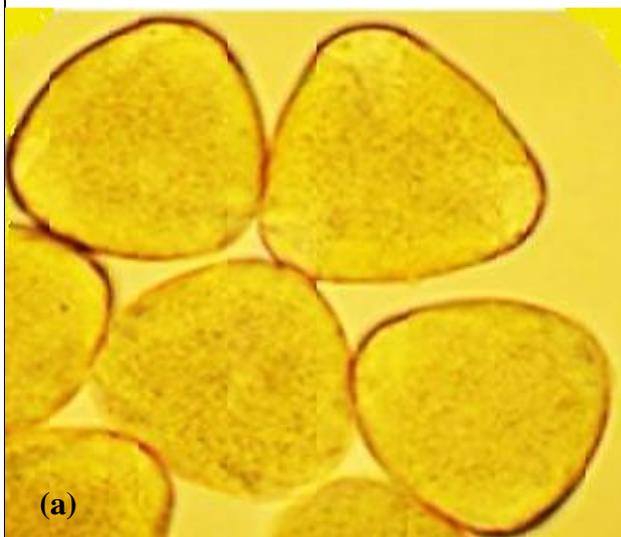
Pistil

étamine

➤ Les fleurs à pédoncules très courts (fleurs subsessiles) sont solitaires ou groupées.

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	
2.2 cm	5 petits sépales verts, lobés	5 pétales blancs ou légèrement roses (1.6 cm).	roses	35 groupées de façon alterne par rapport aux pétales.	1 libre	+

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (26)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Prunus dulcis* Mill.  
(b)  
(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

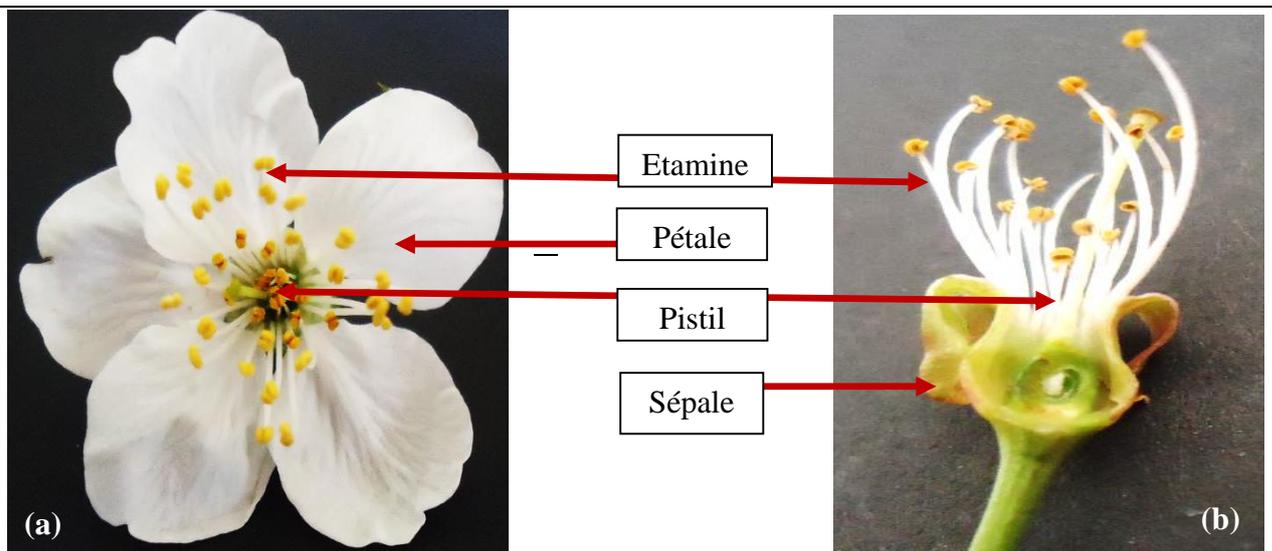
<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Prunus cerasus</i> L. (Cerisier)</b></p>
---	--

**Intérêts économiques :**

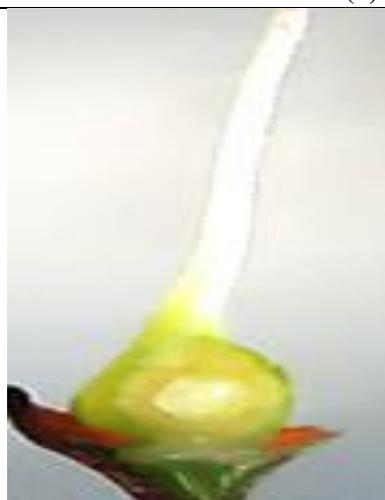
Le fruit du cerisier est consommée fraîche ou sous diverses formes de conserve. Elle est également utilisée dans de nombreuses préparations en pâtisserie, pour la confection de confitures ou de sirops. Enfin le bois du cerisier, dur et coloré est employé dans l'industrie de la gravure et de l'ébénisterie.

**Biologie florale présentée par Tavaud *et al.* (2004).**

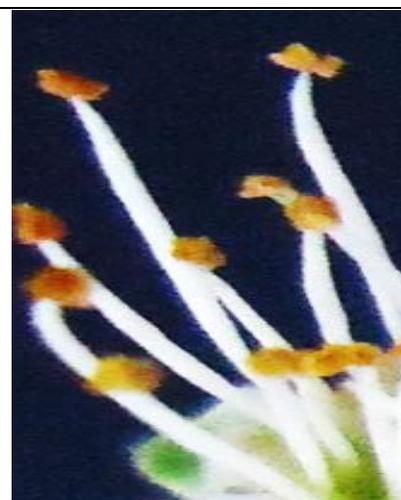
Le cerisier est un petit arbre, dépassant rarement 8 mètres de haut. Les fleurs, groupées en ombelles de 2-4 fleurs, apparaissent au début de la feuillaison. Elles sont blanches et font 3 - 3,5 cm de diamètre. La floraison a lieu en avril-mai.



**Fig. 40 (27) - Morphologie de la fleur.**  
(a)



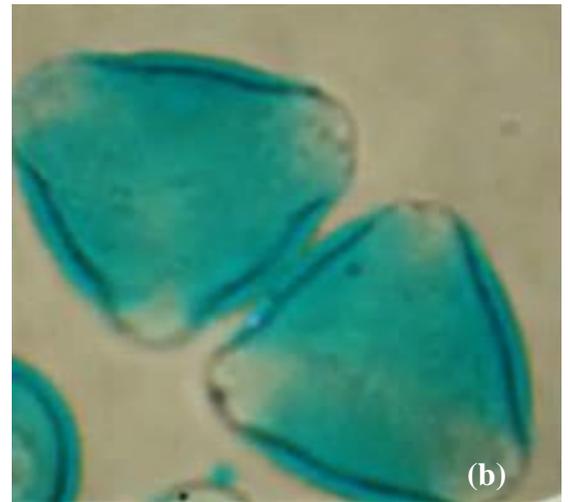
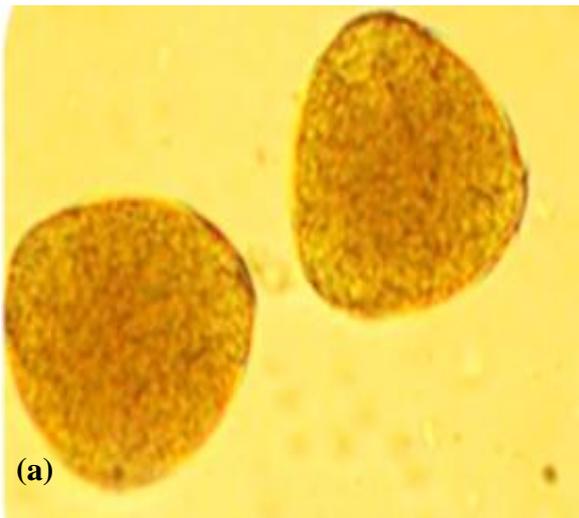
Pistil



étamines

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
3 à 4 cm	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	-
	5	5 pétales.	blancs	20	1	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



Vue polaire

**Fig. 40 (27)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Prunus cerasus* L. (b) (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

Famille des : Rosaceae (Rosacées)

Espèce : *Cydonia oblonga* Mill. (Cognassier)

**Intérêts économiques :**

Le cognassier produit un fruit jaune et odorant à maturité : le coing. On le consomme principalement cuit sous forme de gelées, des confitures. il est utilisé aussi comme porte-greffe du poirier commun.

**Biologie florale présentée par Rosenblatt & Christandl (2003).**

Le Cognassier est un petit arbre, mesurant 5 à 8 m de hauteur à feuilles caduques. Il porte de grandes fleurs blanchâtres, disposées isolément à l'extrémité des jeunes branches.

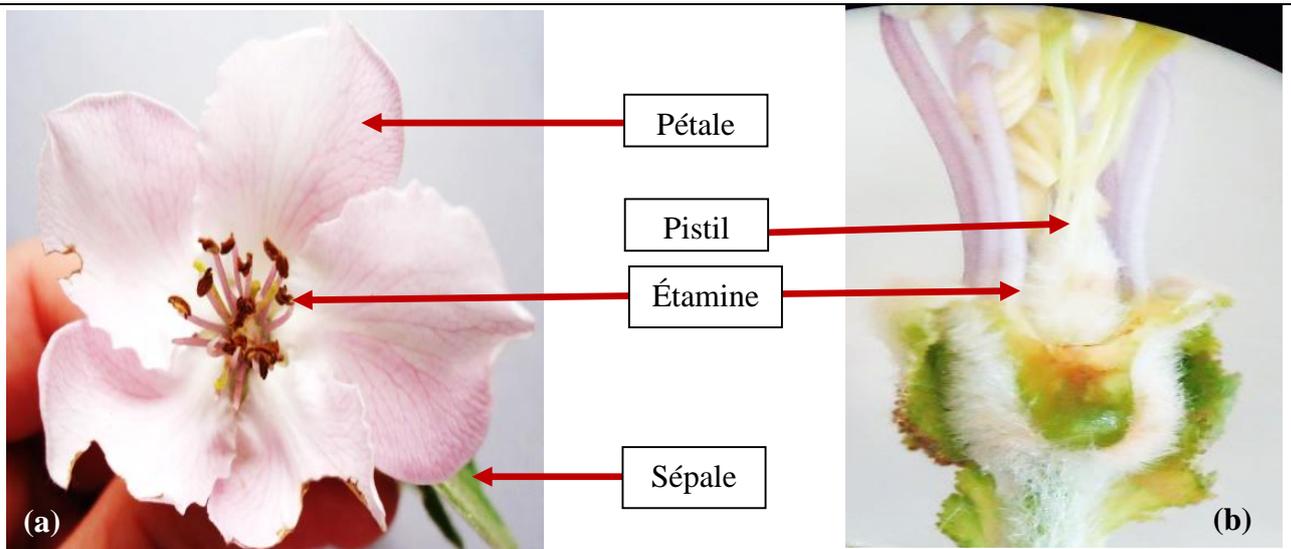


Fig. 40 (28) -Morphologie de la fleur.

(a)



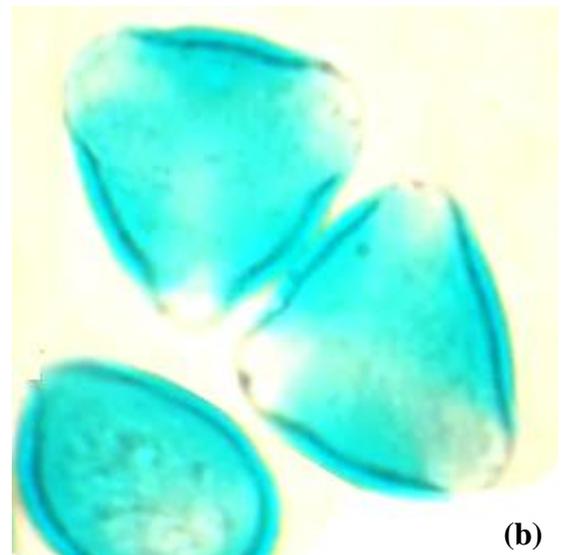
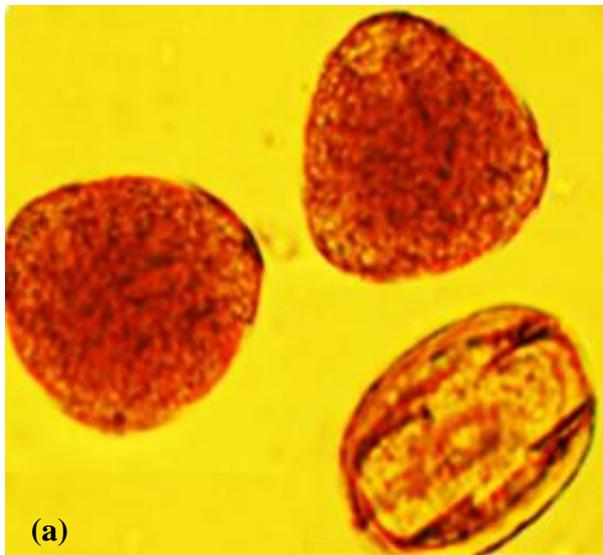
Pistil (5)



étamine

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	
5 à 7 cm	5 verts lancéolés	5 larges pétales à marges irrégulières un peu recourbés vers l'intérieur blancs teintés de rose (blanc-rosé) (5.2 – 6.3 cm).	Roses peu foncés : 3.7cm	20	5	++

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (27)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Cydonia oblonga* Mill.  
**(b)**  
 (vue polaire, vue équatoriale : a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

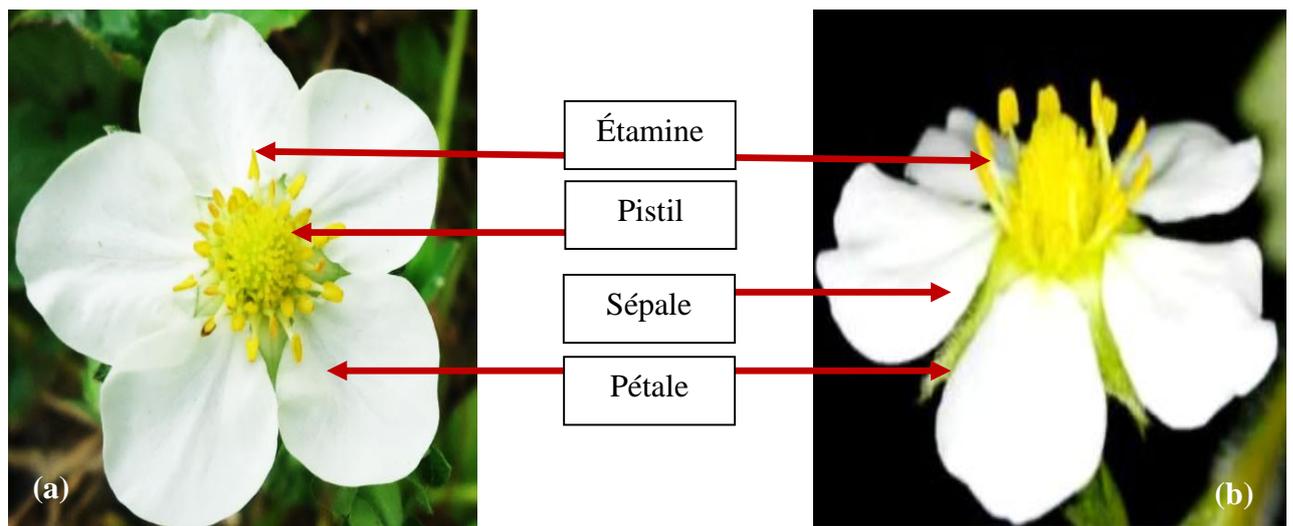
<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Fragaria vesca</i> L. (Fraisier)</b></p>
---	--

**Intérêts économiques description selon Ulrich *et al.* (2007).**

La plante de fraisier était utilisée comme teinture, aliment ou pour ses vertus médicinales (tisanes, sirops). Elle est introduite et cultivée dans les jardins européens vers le XIVe siècle pour ses vertus curatives. Les feuilles, riches en tannins, silice et sels minéraux, sont très riches en vitamine C. En infusion, elles sont astringentes, diurétiques et antirhumatismales.

**Biologie florale présentée par Ulrich *et al.* (2007).**

Le fraisier est une plante herbacée et vivace. Les petites fleurs blanches hermaphrodites sont regroupées sur une seule tige reproductrice. La plante refleurit parfois en automne. Les variétés à floraison continue ont quatre période de floraisons : printemps, début d'été, fin d'été, début d'automne



**Fig .40 (28) - Morphologie de la fleur.**  
(a)

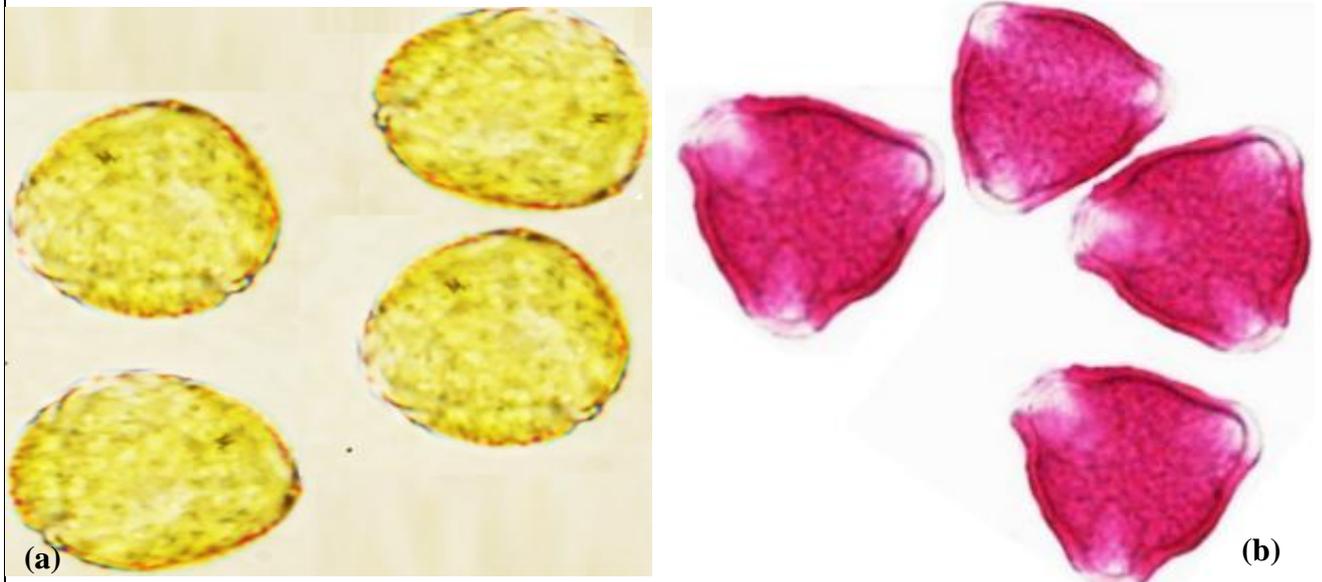


Pistil

étamine

Fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	
<b>1.93 cm</b>	10 sépales soudés organisés en 2 cercles	5 pétales blancs séparés.	vert	20	l'ovaire contient plusieurs carpelles séparés chaqu'un comporte une ovule	++ (duvet laineux)

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (28)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Fragaria vesca* L.  
(b)

( a - sans coloration, b- colorés au rouge neutre).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire à trilobée	trois sillons	psilate.

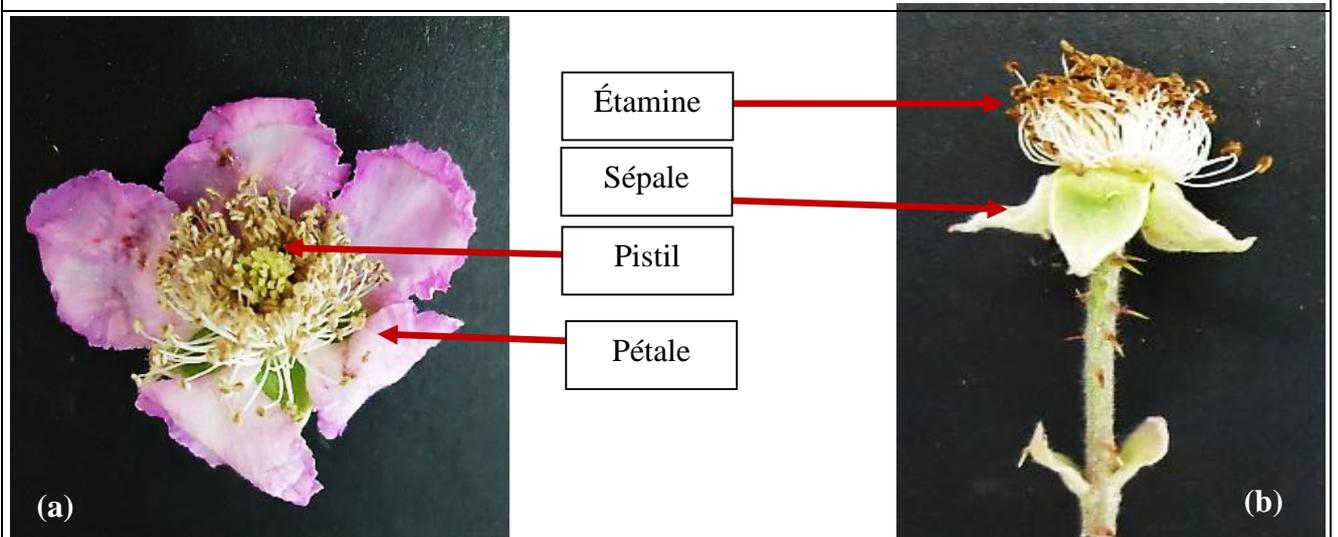
<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Rubus idaeus</i> L. (Framboisier)</b></p>
---	---

**Intérêts économiques description selon Ghalayini *et al.* (2011).**

Les fruits frais, les framboises, se consomment nature ou transformés en confiture, gelée, sirops,... La production mondiale s'élève à environ 360 000 tonnes. La Russie est le premier producteur

**Biologie florale présentée par Ghalayini *et al.* (2011).**

Le framboisier est un arbrisseau peut atteindre 1,5 à 2 m de haut. Ces tiges sont bisannuelles et meurent la deuxième année après fructification. Les fleurs blanches sont réunies par groupes de 5 à 10.



**Fig .40 (28) - Morphologie de la fleur.**  
(a)



Pistil

étamine

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	-
1.2 cm	5 séparés	5 petits, blancs - roses	blanc	Plusieurs	Plusieurs carpelles	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

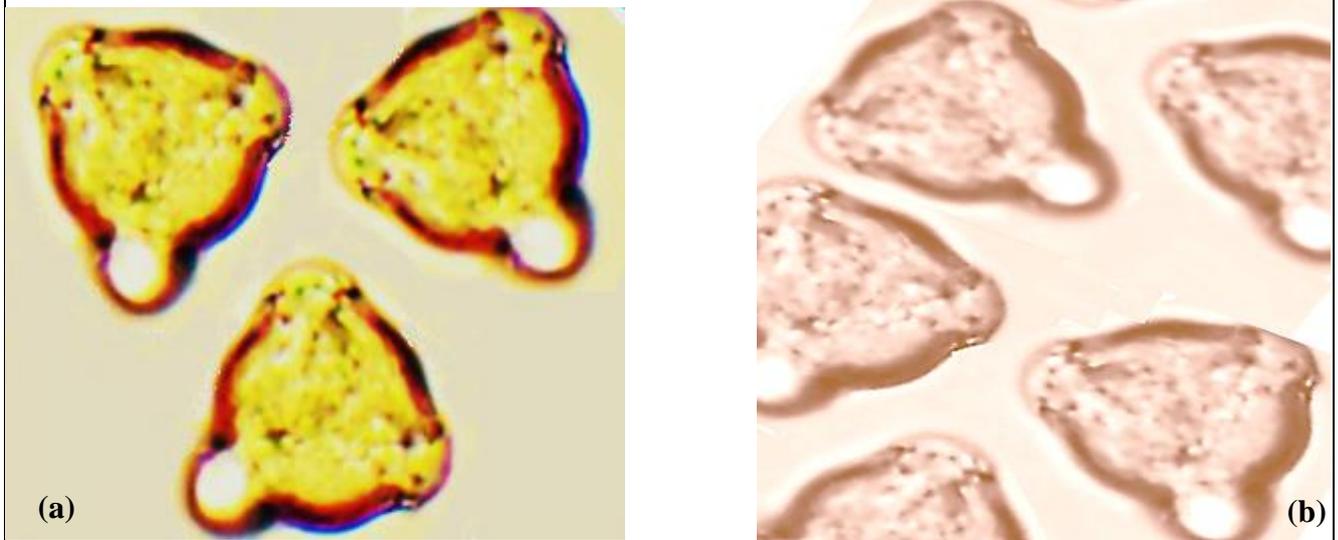


Fig. 40 (27)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Rubus idaeus* L.  
 (b)  
 (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

<p><b>Famille des :</b> Rosaceae (Rosacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Prunus persica</i> var. <i>nectarina</i> Borkh. (Nectarinier)</p>
---	---

**Intérêts économiques :**  
 La nectarine se déguste telle quelle. Elle se transforme en glace, se cuit en compote.

**Biologie florale présentée par Cipriani et al. (1999).**  
 Le Nectarinier est un petit arbre (4 à 5 mètres de hauteur) de la même famille que le pêcher. Il est né après une mutation naturelle du pêcher. Le Nectarinier a la particularité de fleurir bien avant l'apparition de ses feuilles. Il commence à fructifier à partir de 7 ans environ, et ne vit pas au-delà de 15 à 20 ans.

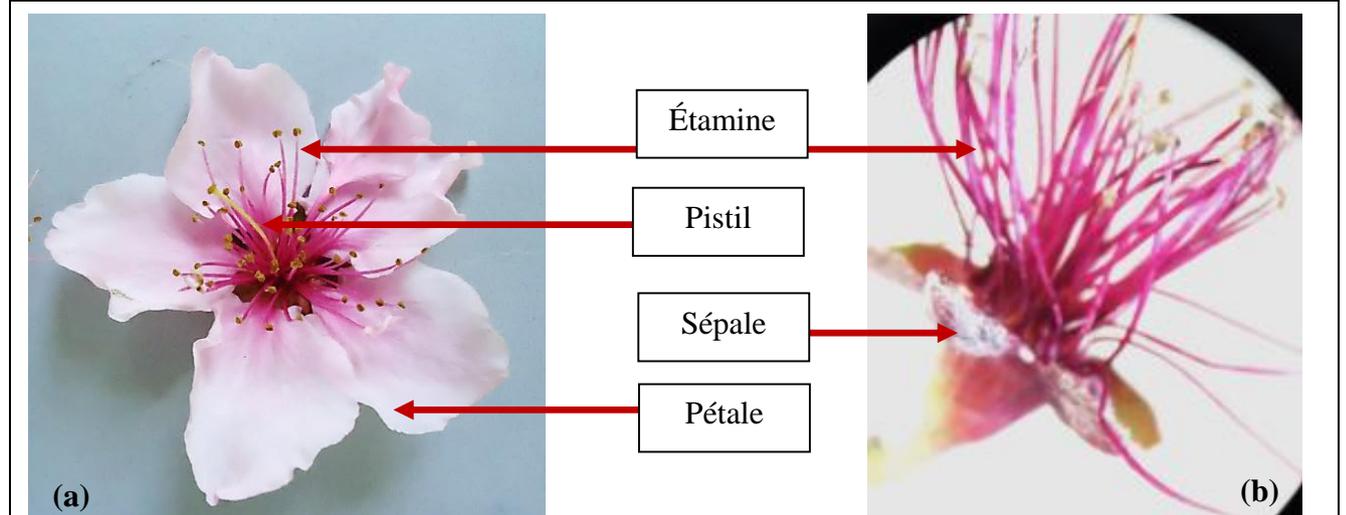
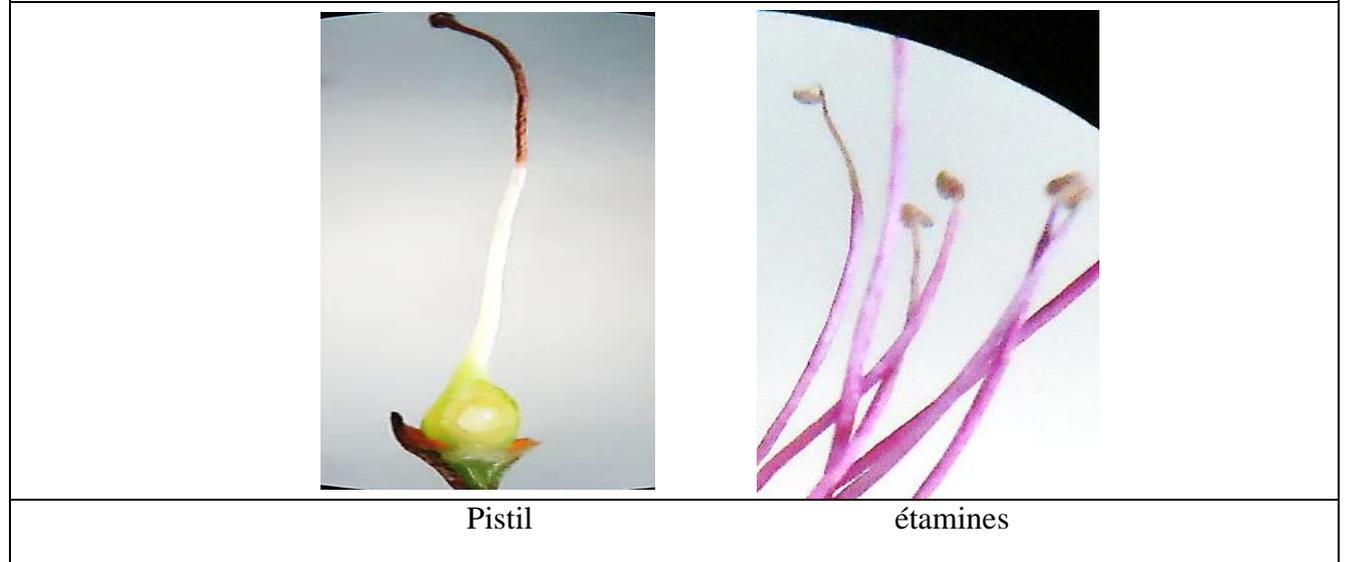


Fig .40 (29) - Morphologie de la fleur.  
 (a)

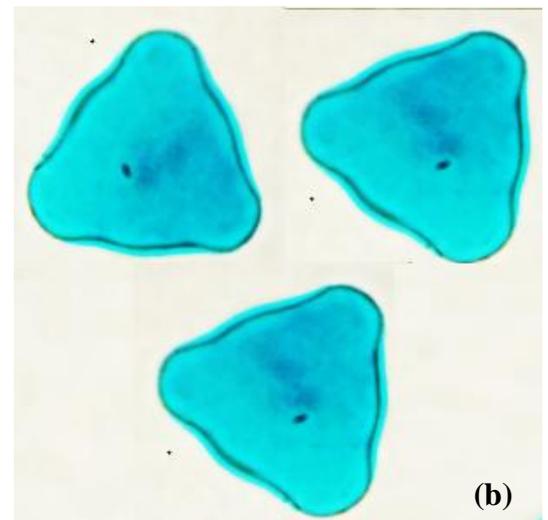
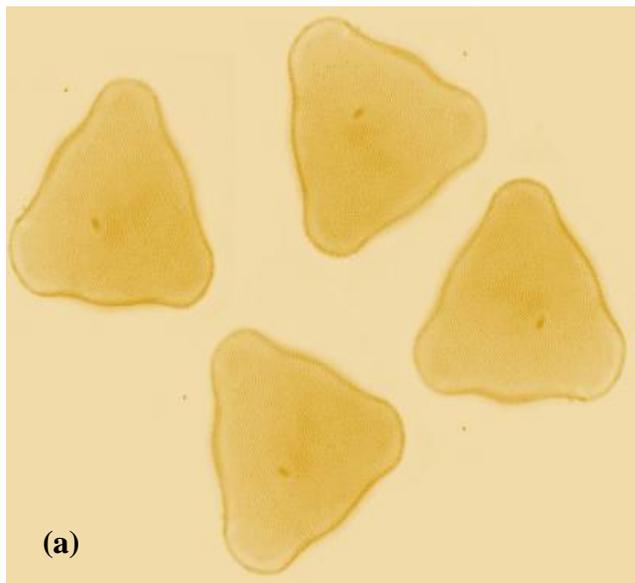


Pistil

étamines

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2.5 cm	Sépales	pétales	styles	étamine	pistil	+
	5 roses verdâtres	5 grands, roses : 2.2 cm	Roses foncés	45	1	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (29)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Prunus Persica Nectarina*  
 (b)  
 (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

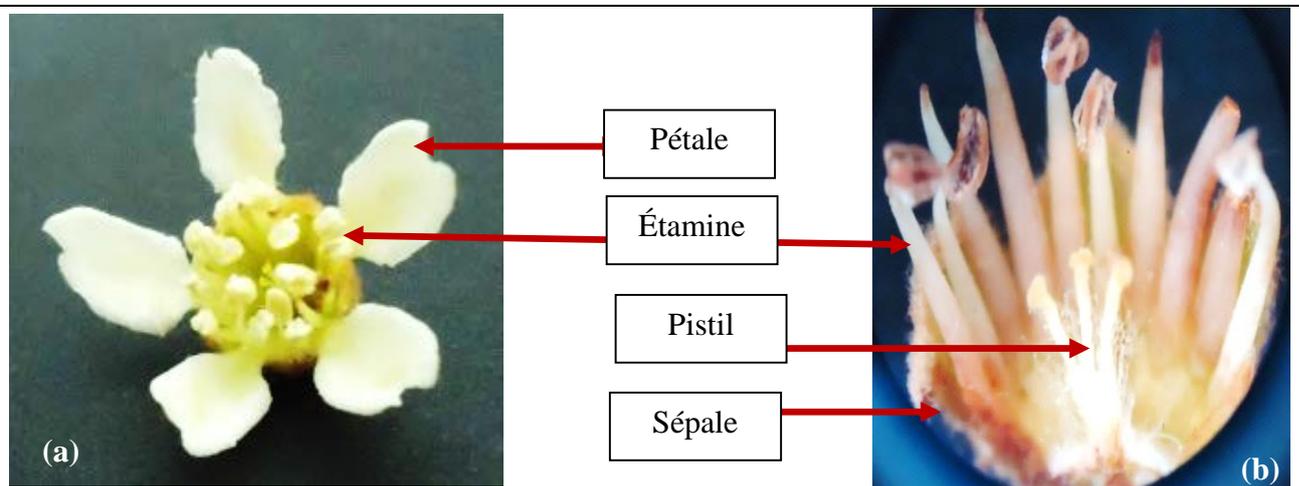
<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Eriobotrya japonica</i> Thunb. (Néflier)</b></p>
---	--

**Intérêts économiques description selon Wang *et al.* (2017).**

Les utilisations de néflier sont nombreuses, jusqu'aux produits cosmétiques. Les fruits (nèfle du Japon) sont consommés frais. En médecine traditionnelle chinoise les feuilles et les fleurs séchées sont utilisées en tisane et elles sont également utilisées avec les noyaux comme complément alimentaire notamment pour leur contenu en tri terpénoïdes.

**Biologie florale présentée par Boussaidi (1980).**

Le néflier du Japon est un arbre fruitier, il atteint 6 m de hauteur. Les fleurs blanches sont réunies en grappes. Elles s'épanouissent en automne ou au début de l'hiver.



**Fig .40 (30) - Morphologie de la fleur.**  
(a)



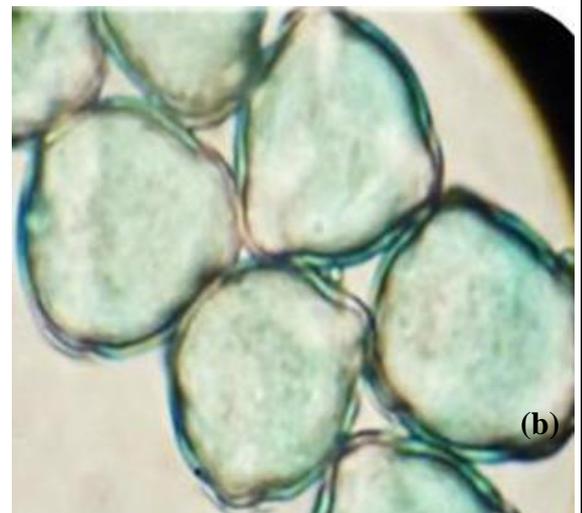
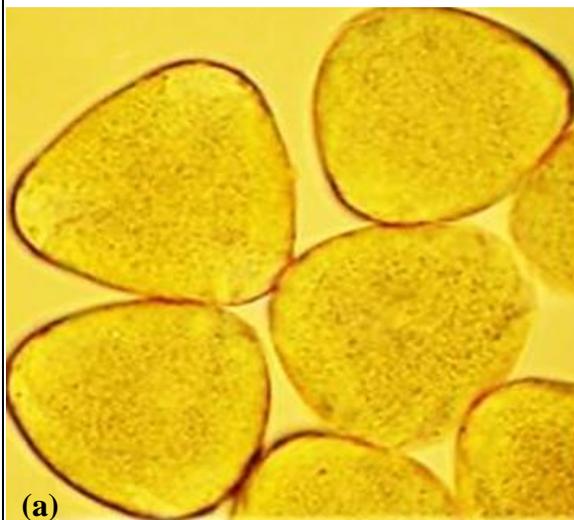
Pistil (5)



étamines

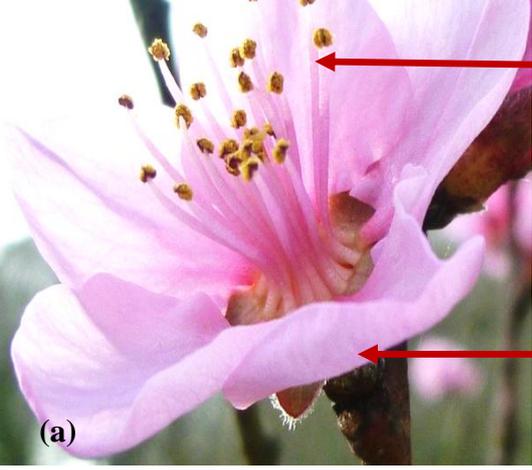
fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2 cm	Sépales	pétales	styles	étamines	pistil	++ (duvet laineux)
	5	petits, blancs - crème ou à peine rosâtres	Jaunes teintés au marron	20	5	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



**Fig. 40 (30)-** Photographie microscopique des grains de pollen d'*Eriobotrya japonica* Thunb.  
(b)  
(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Prunus persica</i> L. (Pêcher)</b></p>
<p><b>Intérêts économiques :</b></p> <p>Les pêches sont destinées à la consommation humaine.</p>	
<p><b>Biologie florale présentée par Ma <i>et al.</i> (2003).</b></p> <p>Le pêcher est un arbre fruitier à écorce lisse, de 2 à 7 mètres de hauteur. Ses fleurs roses apparaissent avant les feuilles à la fin de l'hiver ou début du printemps, voire en été pour les variétés plus tardives (pêche de Nancy). Elles sont hermaphrodites.</p>	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;">  <div style="text-align: center;"> <p>Etamine</p> <p>Sépale</p> <p>Pistil</p> <p>Pétale</p> </div>  </div> <p>(a) (b)</p>	
<p align="center"><b>Fig .40 (31) - Morphologie de la fleur.</b></p> <p align="center">(a)</p>	
	
<p align="center">Pistil</p>	<p align="center">étamine</p>

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2.5 cm	Sépales	pétales	styles	étamines	pistil	-
	5 roses foncés	5 roses (2.2 cm).	moves	45	1	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :

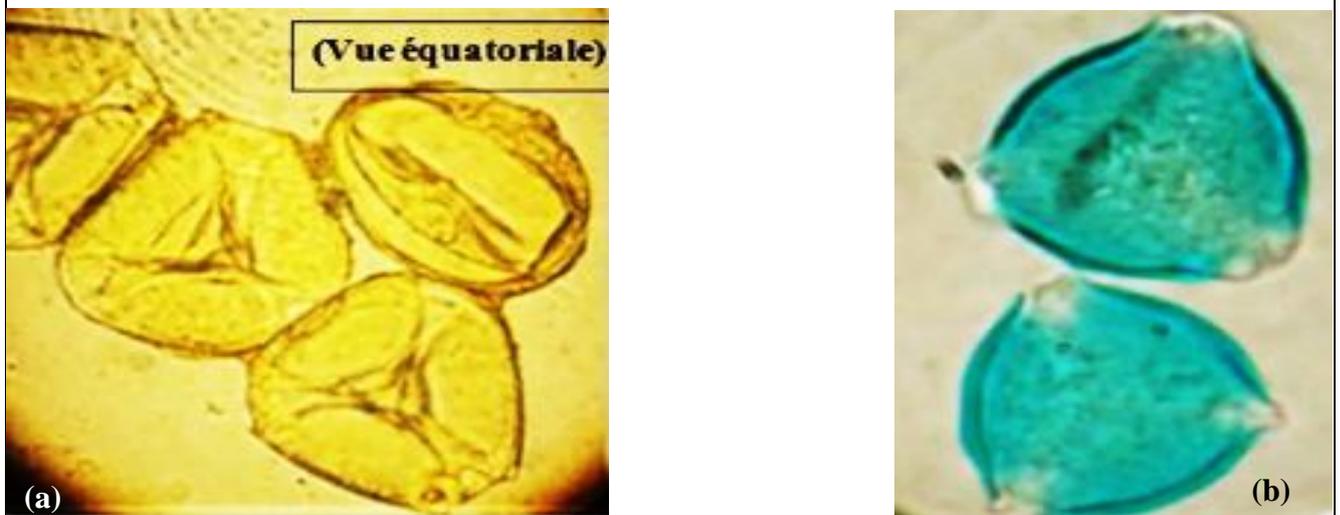


Fig. 40 (31)- Photographie microscopique des grains de pollen de *Prunus persica* L.  
(b)  
(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Pyrus communis</i> L. (Poirier)</b></p>
---	---

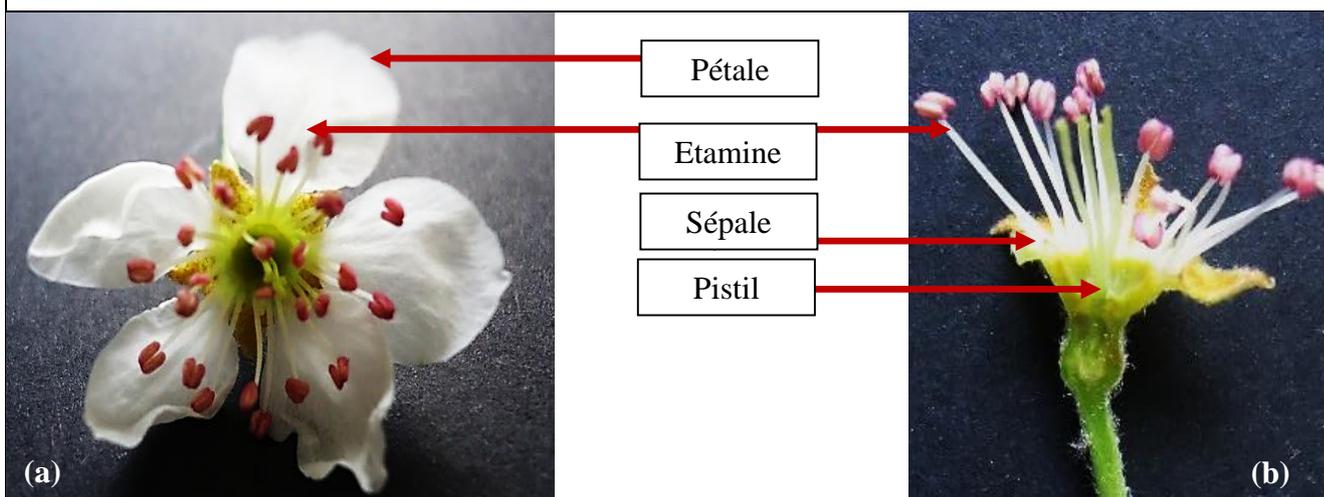
**Intérêts économiques description selon Bretaudeau (1981).**

La poire, fruit du poirier, est comestible. Certaines variétés sans intérêt gustatif.

Le bois du poirier, très homogène, compact, peut acquérir un beau poli. Il est recherché pour l'ébénisterie, la gravure et la sculpture. Il constitue un excellent bois de chauffage.

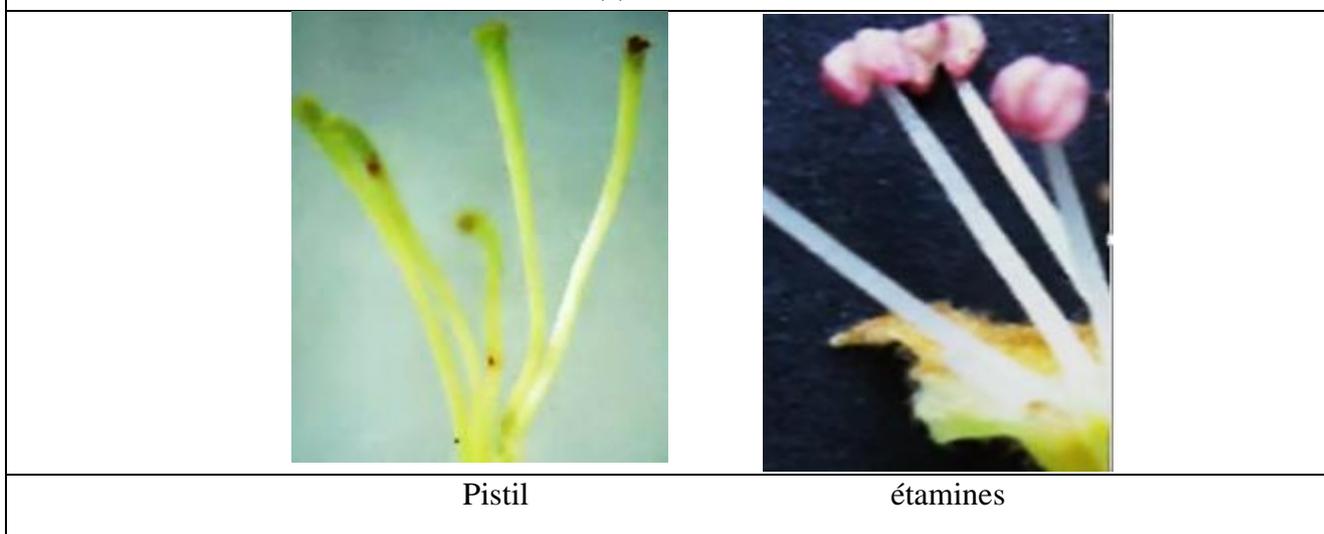
**Biologie florale présentée par Bretaudeau (1981).**

Le poirier cultivé est un arbre qui peut atteindre dix à vingt mètres de haut et vivre jusqu'à 300 ans. Il est cultivé et naturalisé dans tous les continents. La floraison du poirier a lieu sur des branches de deux ans, parfois même sur celles d'un an. Les fleurs qui apparaissent en avril-mai sont blanches, disposées en ombelles.



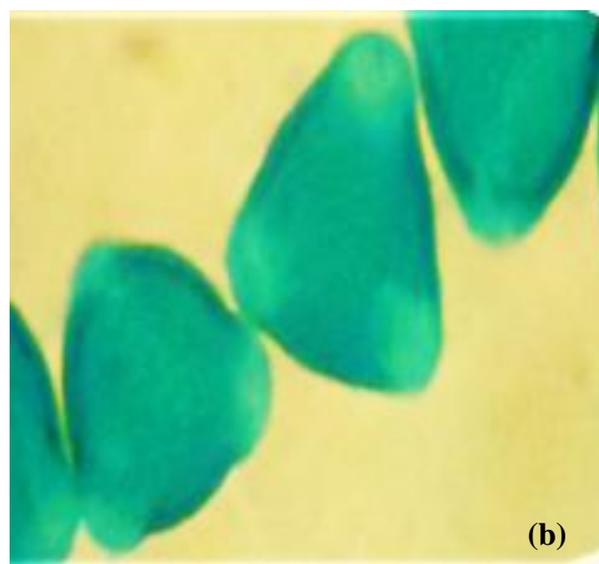
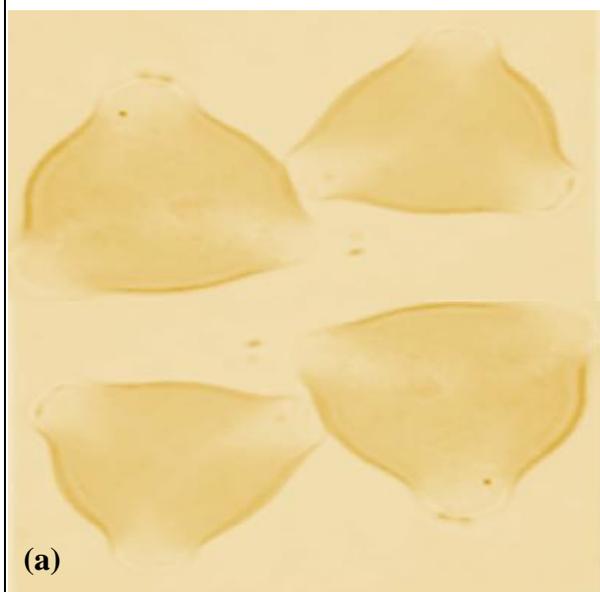
**Fig .40 (32) - Morphologie de la fleur.**

(a)



fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2.4 cm	Sépales	pétales	styles	Etamines	pistil	-
	5 verts	5 blancs à un diamètre de 1 ,1 cm		blancs	20	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (32)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Pyrus communis* L.  
**(b)**  
 (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

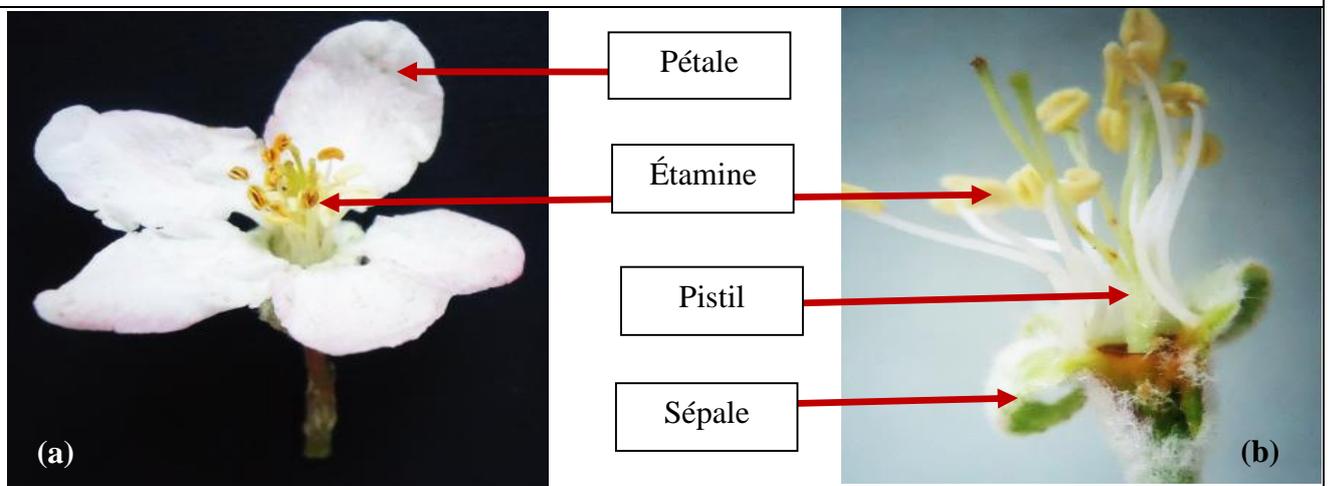
<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Malus domestica</i> L. (Pommier)</b></p>
---	--

**Intérêts économiques :**

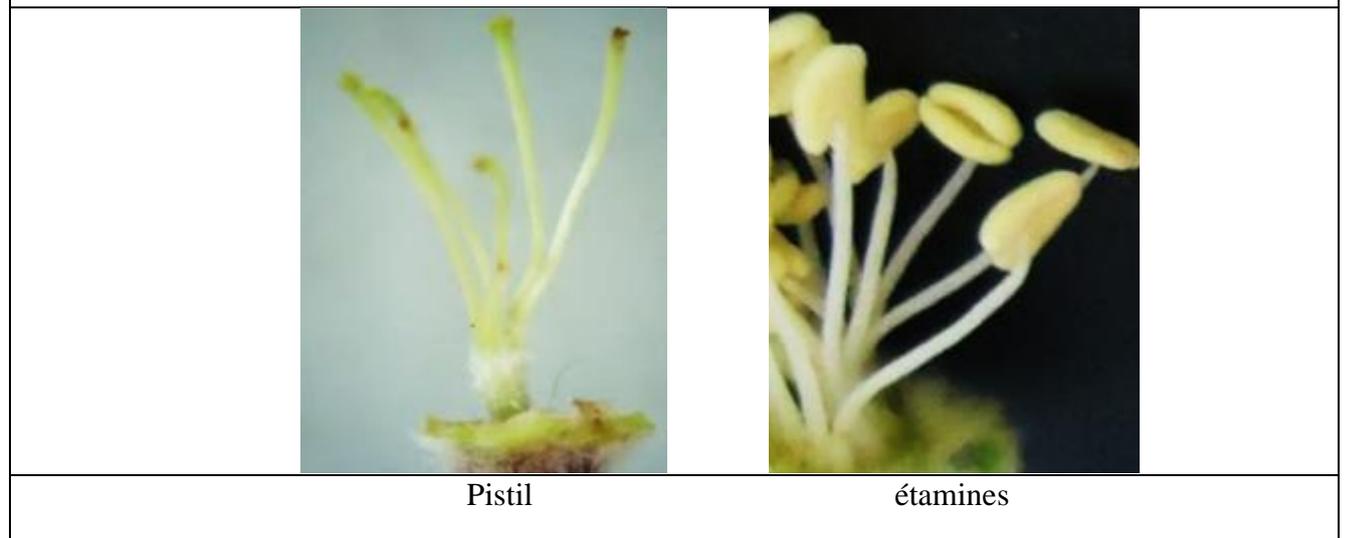
Le pommier est utilisé pour la consommation humaine.

**Biologie florale présentée par Barrie *et al.* (2006).**

Le pommier domestique est un arbre hermaphrodite à feuilles caduques. Selon les variétés, il mesure de 2 à 15 mètres. La pomme est un fruit drupacé, charnu, résultant de l'évolution d'une fleur à ovaire infère.

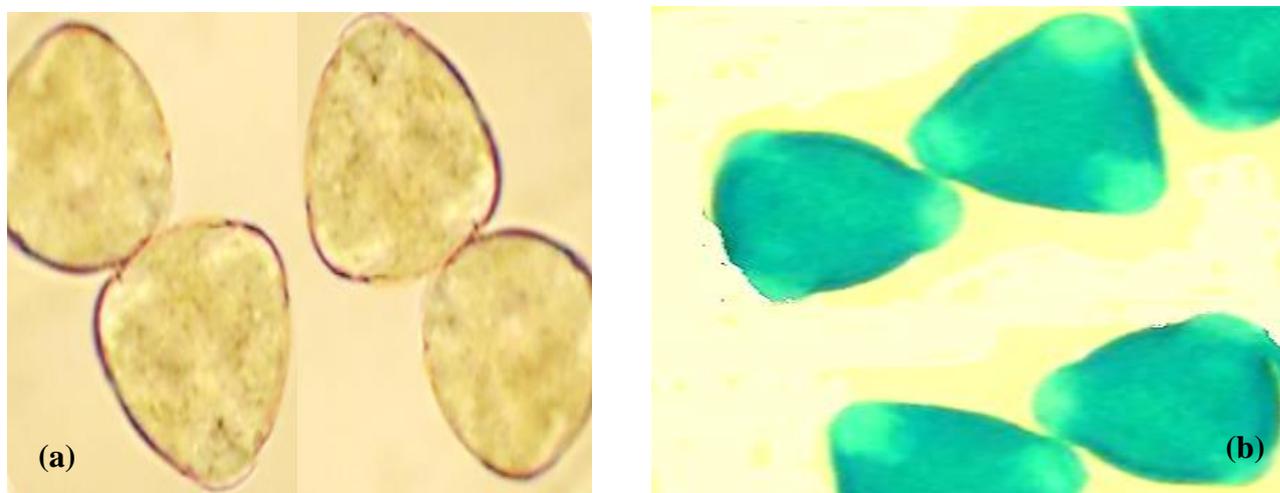


**Fig .40 (33) - Morphologie de la fleur.**  
(a)



fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
1.9 cm	Sépales	pétales	styles	étamines	pistils	+
	5 verts	5 blancs- purs ou striés de roses ou encore rose-pâle: 1.7cm	blancs	20	5 pistils à 5 carpelles	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen:**



**Fig. 40 (33)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Malus domestica* L.

(b)

(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire à trilobée	trois sillons	psilate.

<p><b>Famille des : Rosaceae (Rosacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Prunus domestica</i> L. (Prunier)</b></p>
---	---

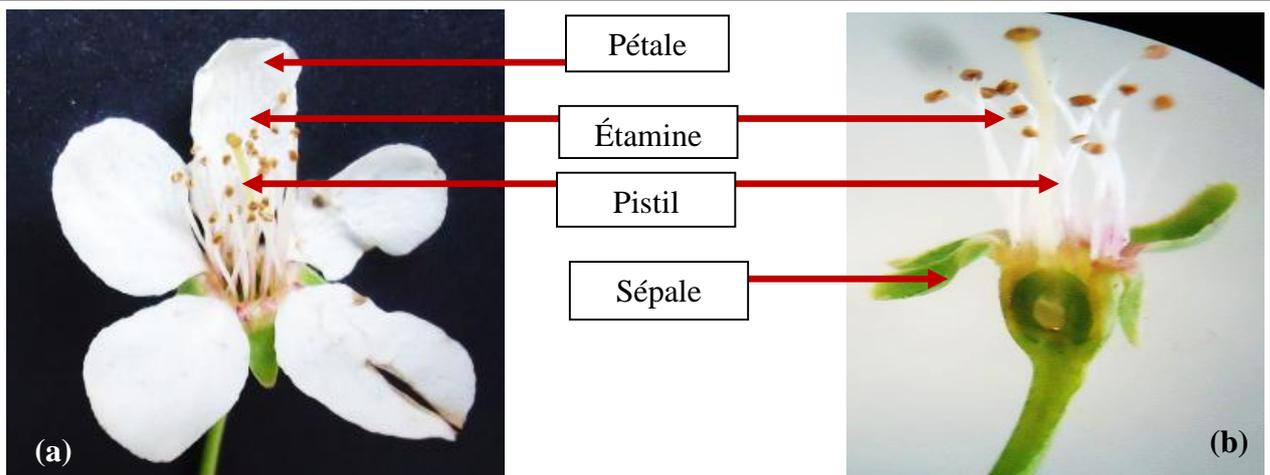
**Intérêts économiques description selon Bamouh (2003).**

Le prunier est cultivé principalement pour son fruit, la prune. Les prunes sont consommées soit comme fruit de table, soit transformées : pâtisseries, confitures, soit séchées. Le prunier est aussi un arbre d'ornement.

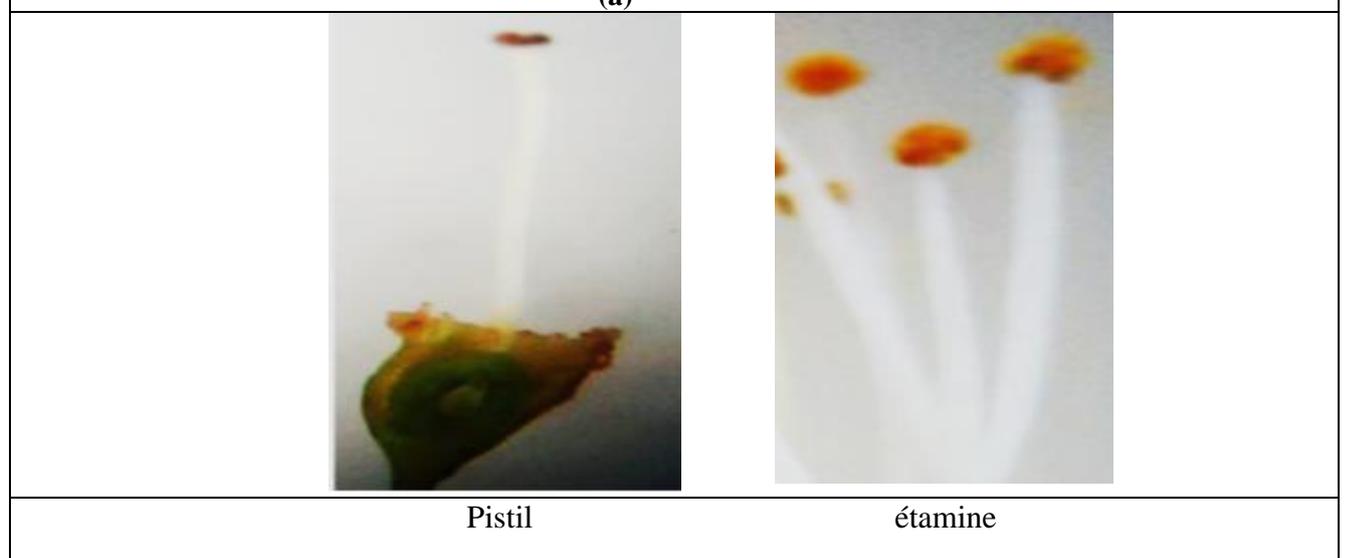
**Biologie florale présentée par Lieutaghi (2004).**

Le prunier domestique est un arbre de taille moyenne (entre 3 et 8 mètres de haut), généralement non épineux, qui fleurit tôt au printemps (mars-avril).

Les fleurs blanches apparaissent avant les feuilles sur des rameaux de l'année précédente. Elles sont portées par un pédoncule pubescent et comporte un calice aussi pubescent ou velu. Sa longévité varie de 30 à 50 ans.



**Fig .40 (34) - Morphologie de la fleur.**

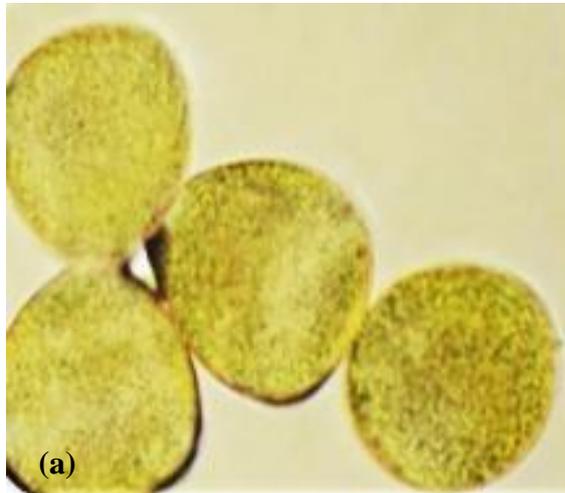


Pistil

étamine

Fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
1.3 cm	Sépales	pétales	styles	Etamines	Pistil	-
	5 verts	Blancs (1 cm)	blancs	(20- 35)	1 parfois 3	

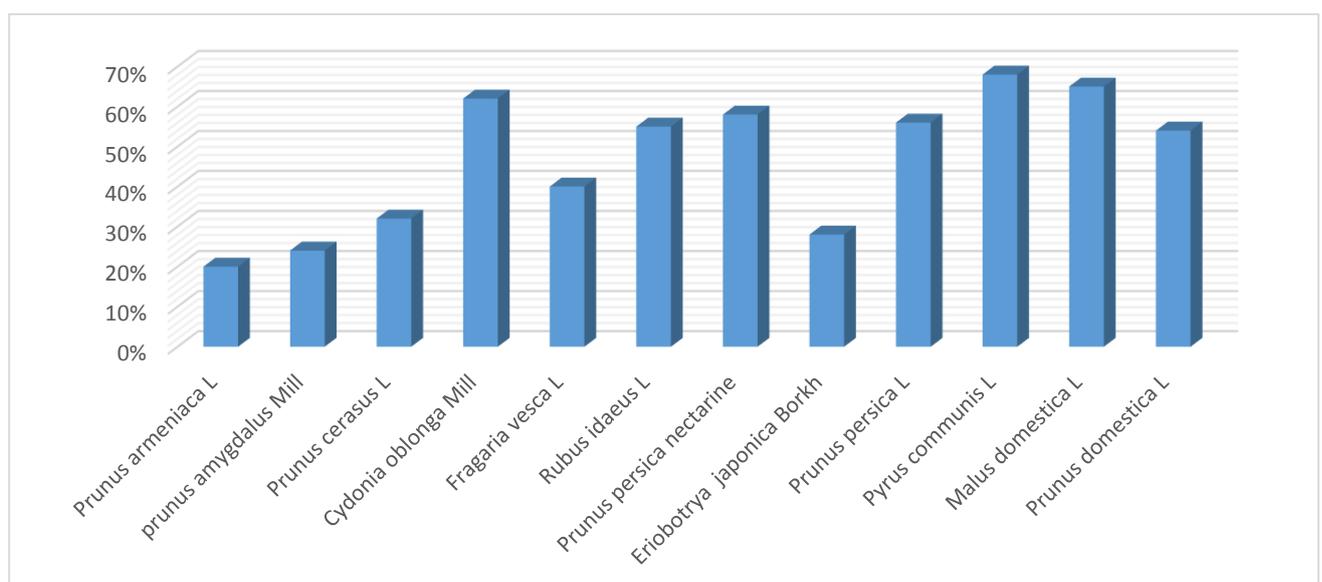
**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (34)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Prunus domestica* L. (b) (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	Triangulaire à trilobée	trois sillons	psilate.

**Pourcentages de germination in vitro des grains de pollen :**



**Fig. 40 (34)-** Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Rosacées (c)

<p><b>Famille des : Rutaceae (Rutacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Citrus aurantium</i> L. (Bigaradier)</b></p>
---	--

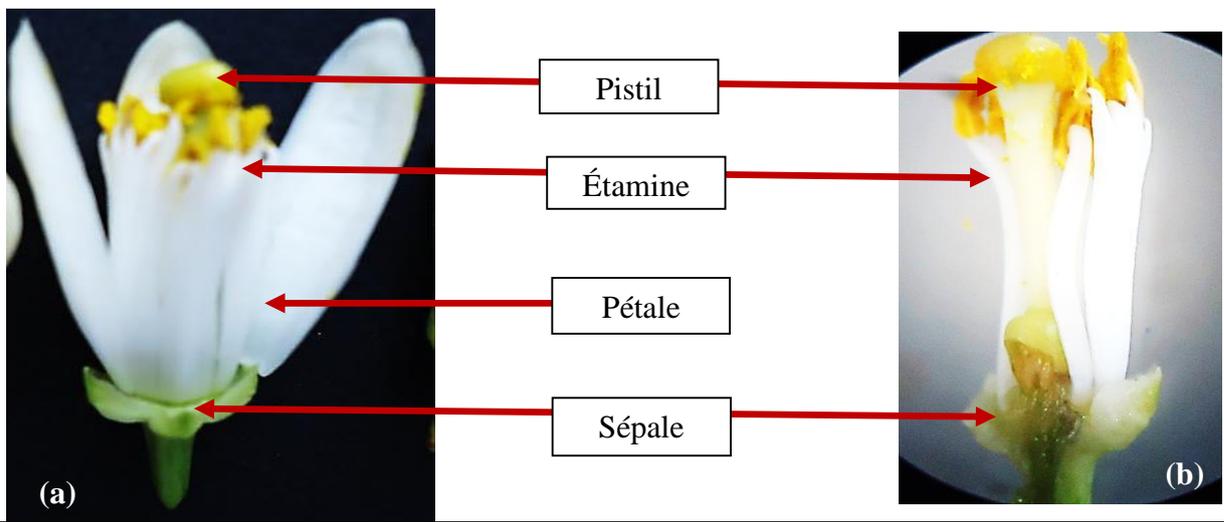
**Intérêts économiques description selon Moraes (2009).**

Le fruit du bigaradier est surtout utilisé en conserve ou cuit (confiture, sirop). La fleur de bigaradier sert à la fabrication de l'absolu de fleur d'oranger, de l'eau de fleur d'oranger et utilisée en parfumerie et pour aromatiser les aliments. Il est utilisé comme ingrédient dans certains compléments alimentaires ou aliments vendus pour la perte de poids et comme alternative aux médicaments chimiques.

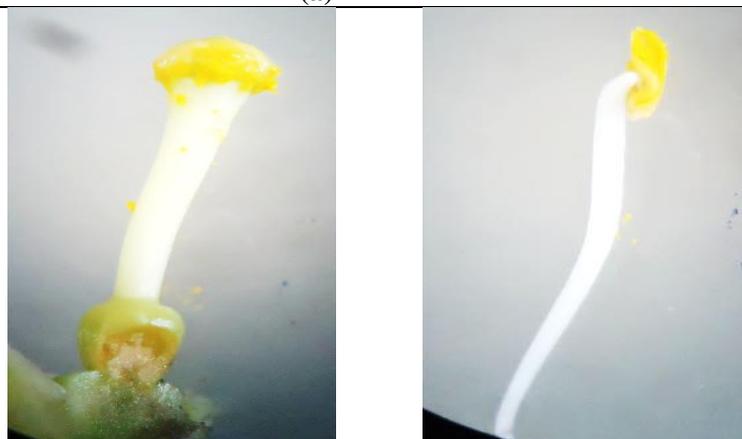
**Biologie florale présentée par Moraes (2009).**

Le bigaradier est un petit arbre de 3 à 10 mètres, épineux, à feuilles persistantes, à fleurs très odorantes, aux fruits comestibles mais amers.

Le bigaradier à fleurs blanches dont les pétales sont bien déliés et plus grands que celle de l'oranger doux. Il est rustique parmi les agrumes, résistant, il peut vivre jusqu'à 600 ans.



**Fig .40 (36) - Morphologie de la fleur.**  
(a)

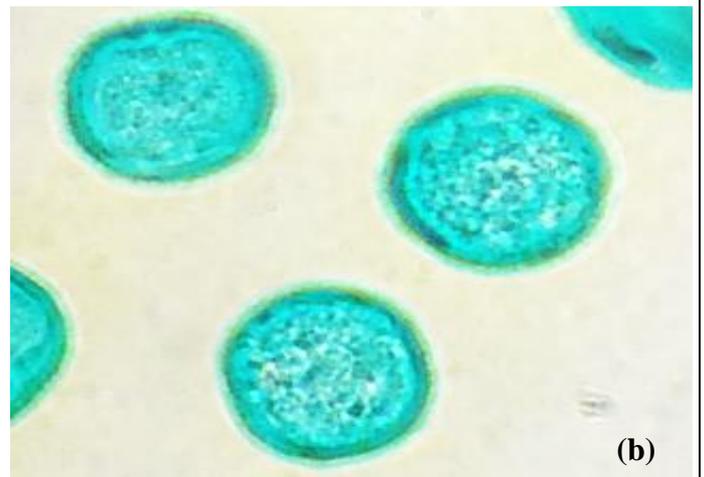
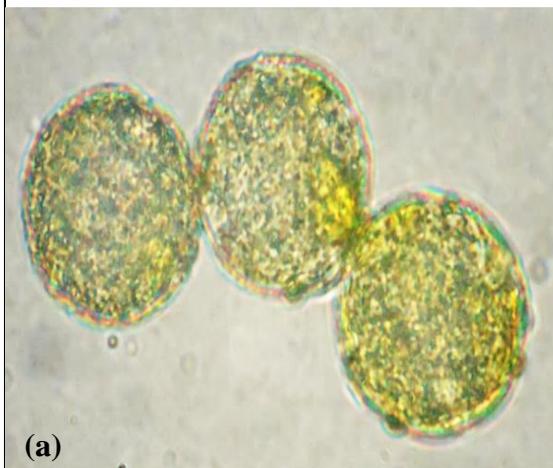


Pistil

étamine

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
3.75 cm	Sépales	pétales	styles	Étamines	pistil	-
	5 verts	5 blancs	blancs	35 avec une longueur de 2 cm	1	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (36)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Citrus aurantium* L.

(b)  
(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	scabrate

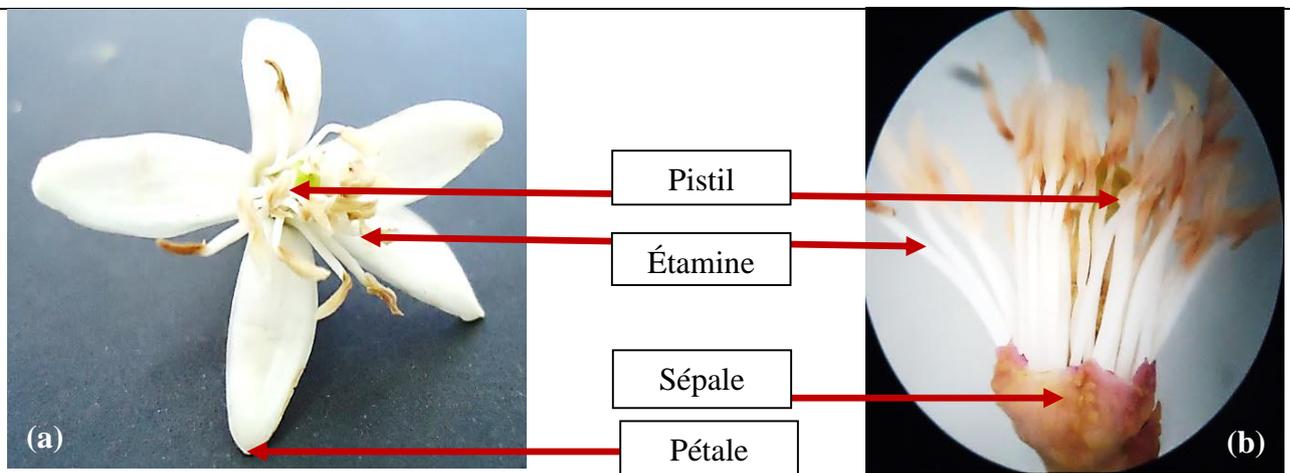
<p><b>Famille des : Rutaceae (Rutacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Citrus limon</i> L. (Citron)</b></p>
---	--

**Intérêts économiques :**

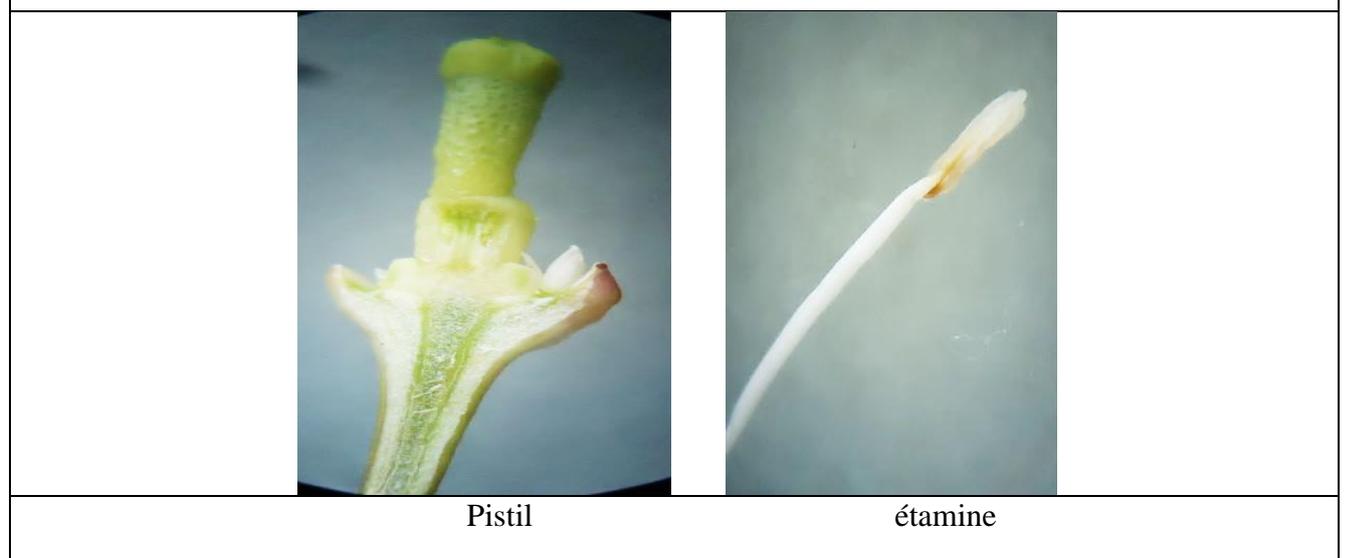
Le fruit du citronnier est le citron qui a divers usages alimentaires, essentiellement en tant qu'agrément, en jus ou pour son arôme. La plupart des variétés produisent des fruits toute l'année.  
Le bois de citronnier est utilisé en ébénisterie.

**Biologie florale :**

Le citronnier est une espèce de petits arbres. Il peut vivre entre 50 et 80 ans. Ses fleurs ont des pétales blanc violacé, ses axillaires sont réunies en petits groupes.

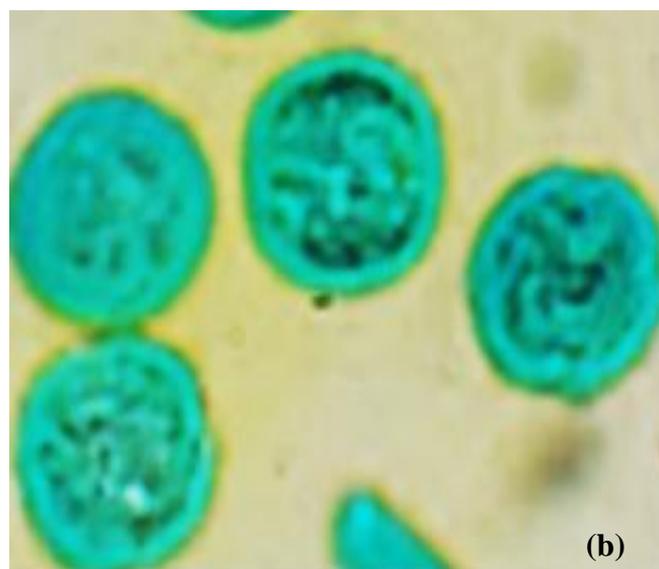
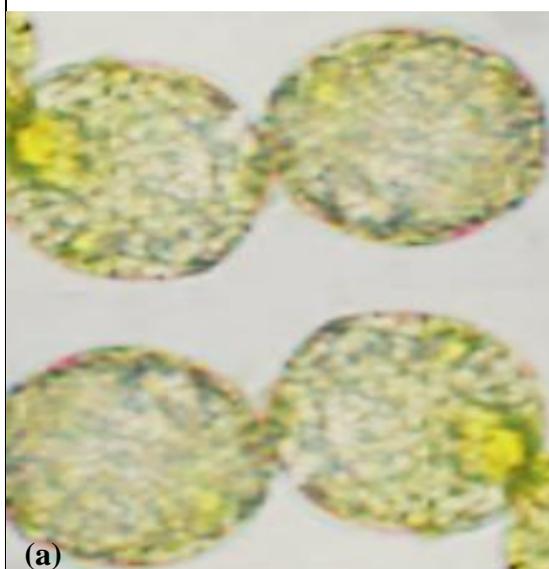


**Fig .40 (37) - Morphologie de la fleur.**  
(a)



fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2.4 cm	Sépales	pétales	styles	étamines	pistil	-
	5 moves	5 blancs violacés (2.3 cm).	blancs	35	1	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (37)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Citrus limon* L.  
(b)

(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	scabrate

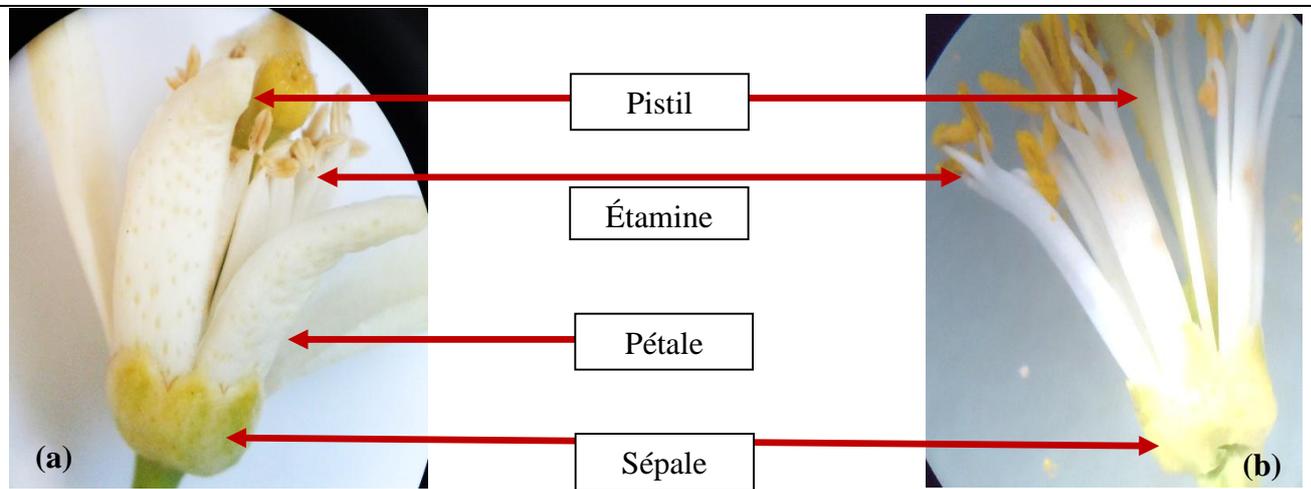
<p><b>Famille des : Rutaceae (Rutacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Citrus reticulata</i> Blanco. (Mandarine)</b></p>
---	---

**Intérêts économiques :**

Le Mandarinier est cultivé, comme tous les agrumes, pour la consommation de son fruit. On extrait de l'écorce l'huile essentielle de mandarine qui est employée non seulement en parfumerie et en pharmacie pour aromatiser des médicaments. Il est également cultivé en pot pour l'ornement.

**Biologie florale :**

C'est un petit arbre aux feuilles simples vert foncé brillant. Les fleurs sont petites, blanches, à 5 pétales. Elles dégagent un parfum subtil et agréable.



**Fig .40 (38) - (a)Morphologie de la fleur.**

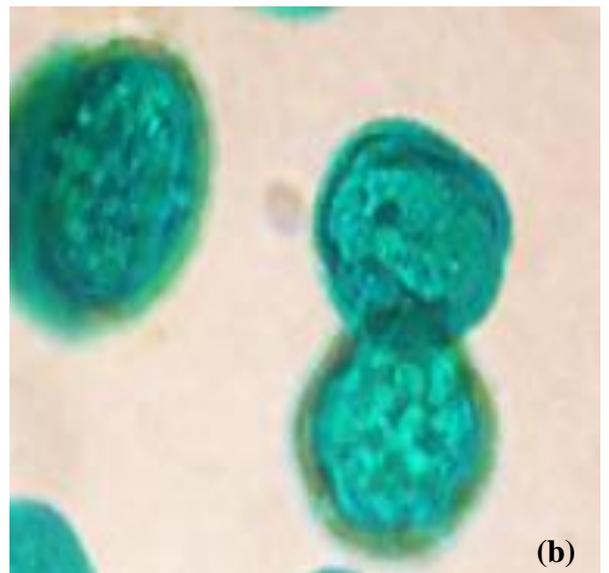
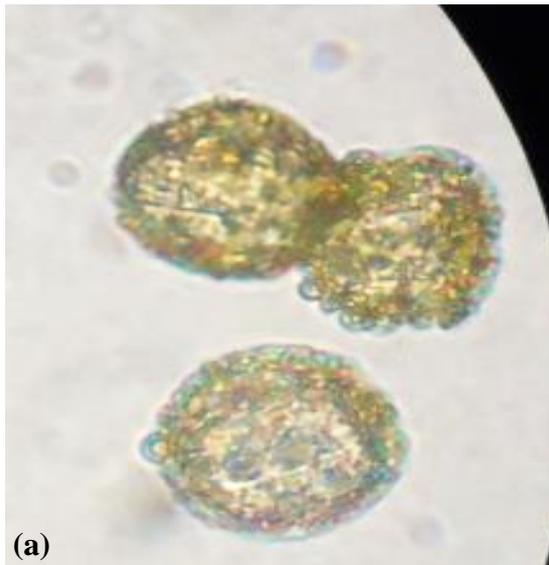


Pistil

étamine

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2.1 cm	Sépales	pétales	styles	étamines	pistil	-
	5 verts	5 blancs	blancs	35	1	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (38)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Citrus reticulata* Blanco.

(b)  
(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	gemmate

<p><b>Famille des : Rutaceae (Rutacées)</b></p>	<p><b>Espèce : <i>Citrus sinensis</i> L. (Oranger)</b></p>
---	--

**Intérêts économiques :**

La culture des orangers a une grande importance économique.

**Biologie florale :**

L'oranger est un arbuste pouvant atteindre 10 mètres de hauteur, avec des branches épineuses.

L'oranger est un arbuste sempervirent, pouvant atteindre 10 mètres de haut, avec des branches épineuses et des feuilles de 4 à 10 cm de long. Le fruit du *Citrus sinensis* est appelé orange douce.

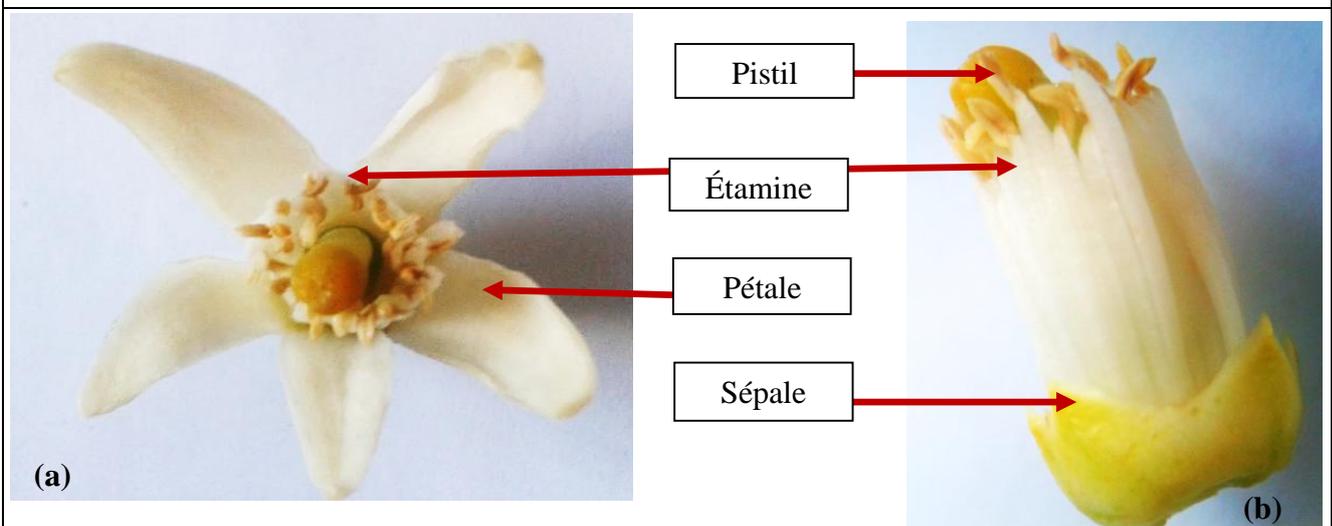
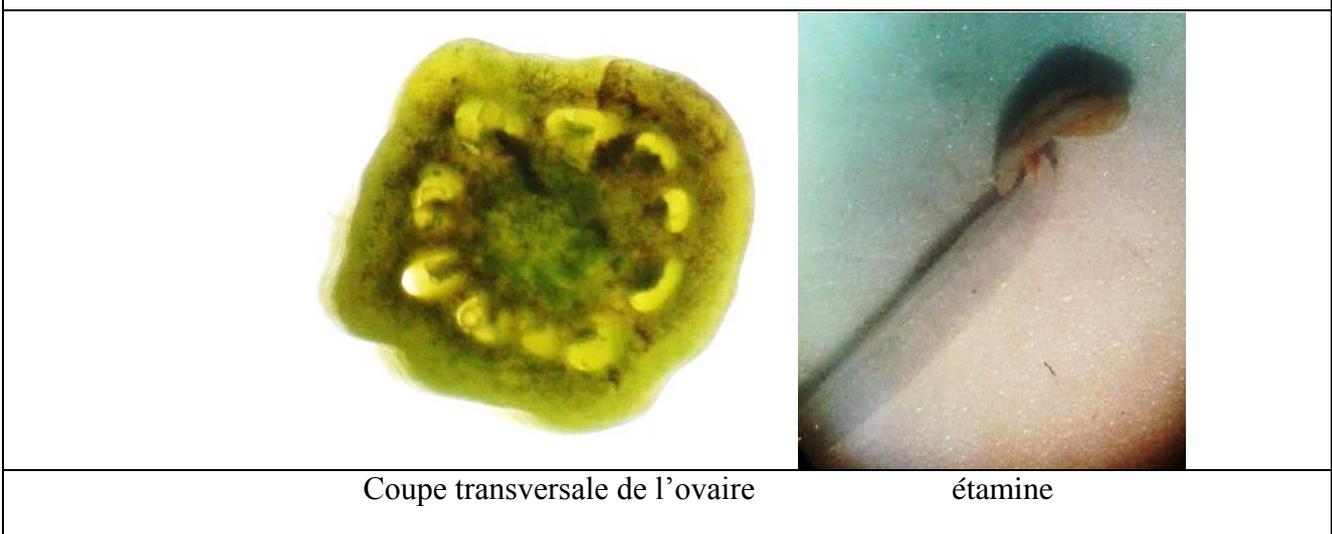


Fig .40 (39) - (a)Morphologie de la fleur.

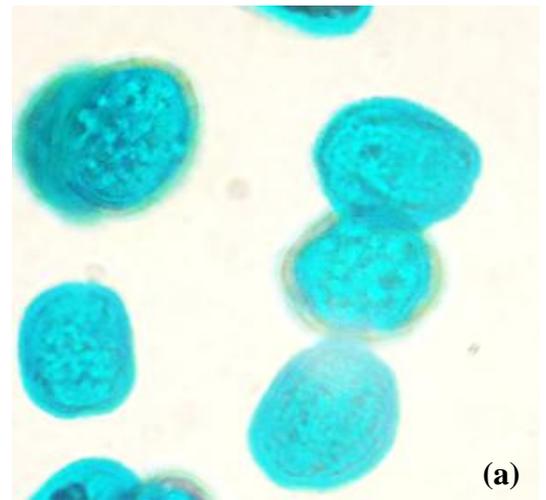
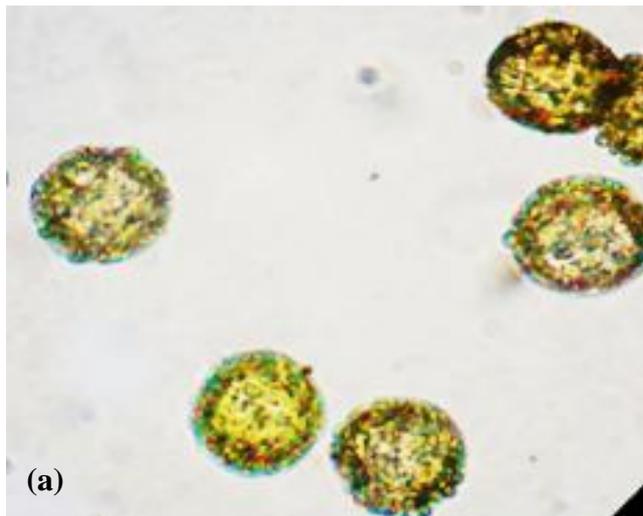


Coupe transversale de l'ovaire

étamine

Fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
1.8 cm	Sépales	pétales	styles	Étamines	Pistil	-
	5 verts soudés entre eux et avec les pétales	5 blancs séparés	blancs	25 étamines soudées partiellement	5 carpelles chaqu'un comporte une ovule.	

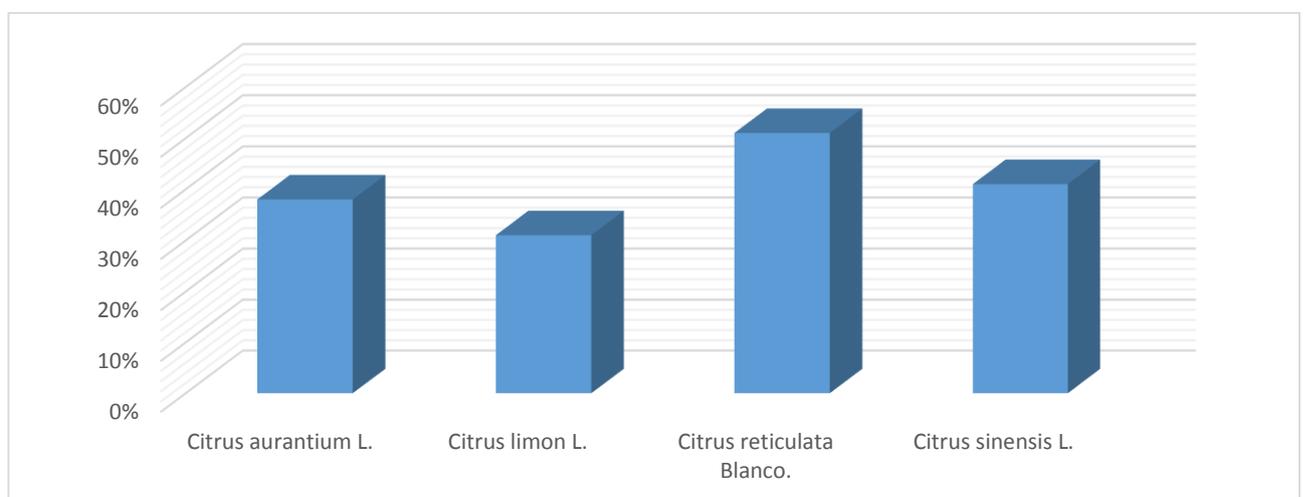
**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (40)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Citrus sinensis* L. (b) (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	Gemmate

**Pourcentage de germination des grains de pollen :**



**Fig. 40 (40)-** Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Rutacées (c)

<p><b>Famille des :</b> Solanaceae (Solanacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Solanum melongena</i> L. (Aubergine)</p>
---	--

**Intérêts économiques description selon** Pitrat & Foury (2003).

L'aubergine se consomme cuite ou crue. Les usages médicaux et pharmaceutiques des diverses aubergines sauvages et cultivées sont aussi anciens que les usages alimentaires. Les propriétés antioxydantes de l'aubergine sont remarquables, crue ou cuite.

**Biologie florale présentée par** Pitrat & Foury (2003).

C'est une plante vivace, sous forme d'arbuste. La plante, à port dressé, atteint 50 cm à 1,2 m de haut. Les fleurs, de couleur blanche ou violette, solitaires, sont portées à l'aisselle des feuilles.

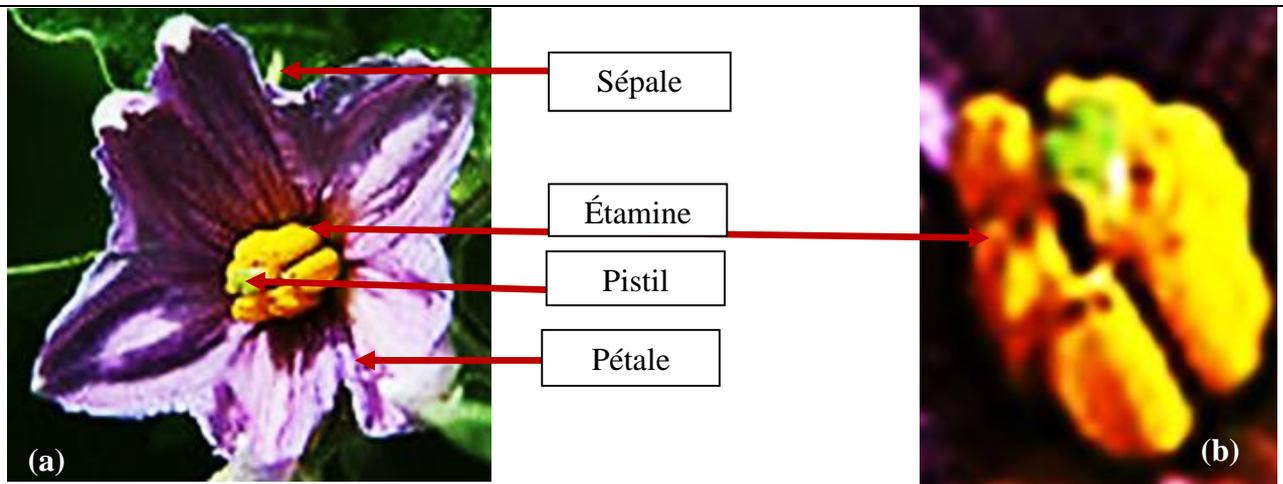
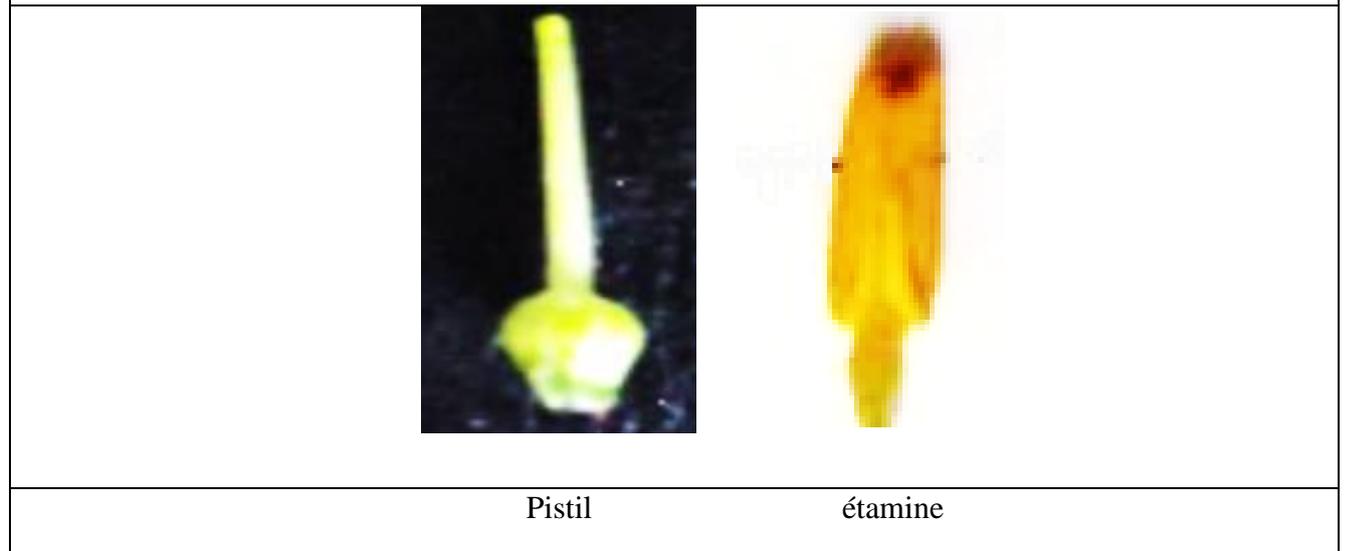


Fig .40 (39) - Morphologie de la fleur.  
(a)

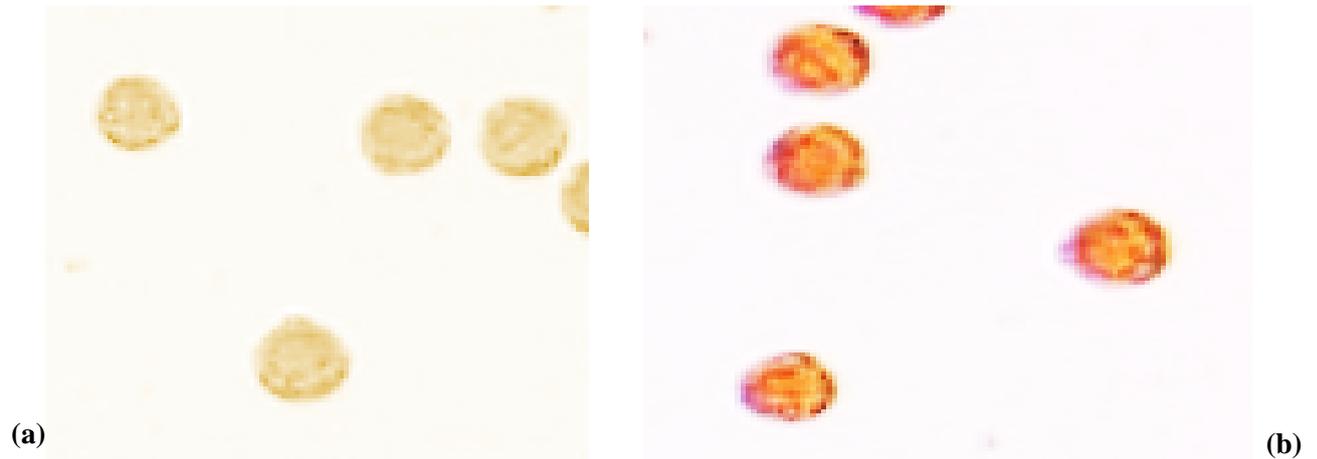


Pistil

étamine

Fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2.3 cm	Sépales	pétales	Styles	étamine	pistil	-
	5 verts soudés entre eux et avec les pétales	5 violets soudés	Jaune	5 étamines soudées	1	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen**



**Fig. 40 (39)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Solanum melongena* L.  
 (b)  
 (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	psilate

<p><b>Famille des :</b> Solanaceae (Solanacées)</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Solanum lycopersicum</i> L. (Tomate)</p>
---	--

**Intérêts économiques description selon** Shankara *et al.* (2005).

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine. Bien que ce soit un fruit sur le plan botanique, elle se consomme comme un légume crue, en salade, en jus et cuite. Elles sont alors transformées industriellement, à partir de produits frais, en conserves. Des industries de transformation de la tomate sont implantées dans toutes les régions.

**Biologie florale présentée par** Shankara *et al.* (2005).

C'est une plante herbacée, annuelle. La tomate produit des fleurs actinomorphes, parfaites qui s'autofécondent. Les anthères fusionnent en un petit cône qui ne s'ouvre généralement qu'après la libération du pollen et la fécondation du stigmate. Certaines variétés plus anciennes peuvent avoir un stigmate qui émerge du cône formé par les anthères.

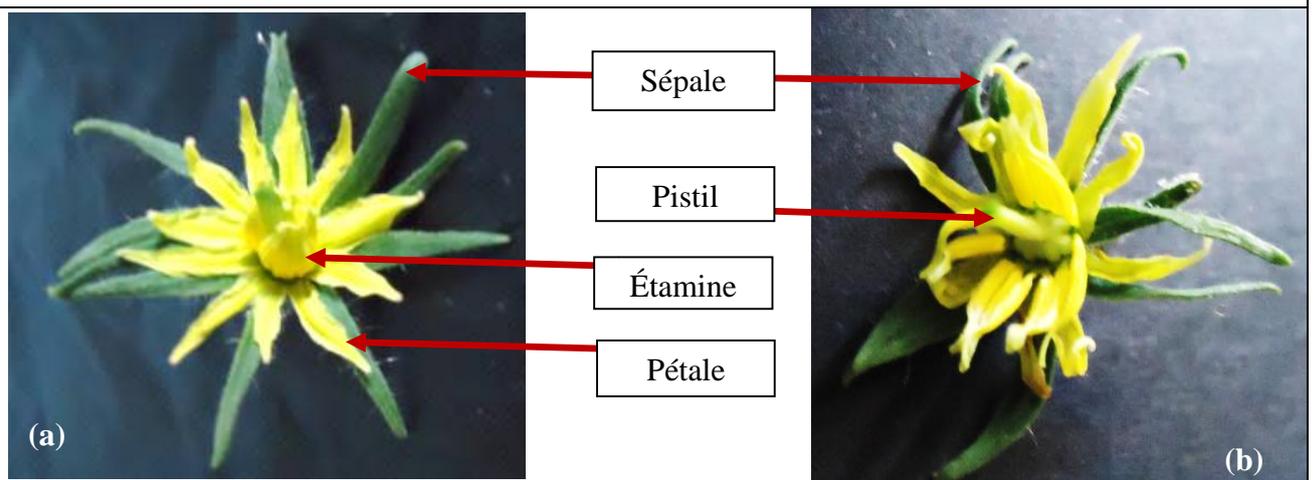
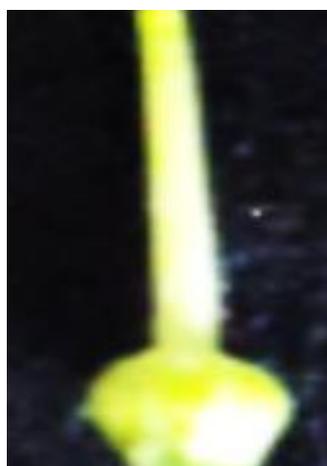


Fig .40 (39) - Morphologie de la fleur.  
(a)



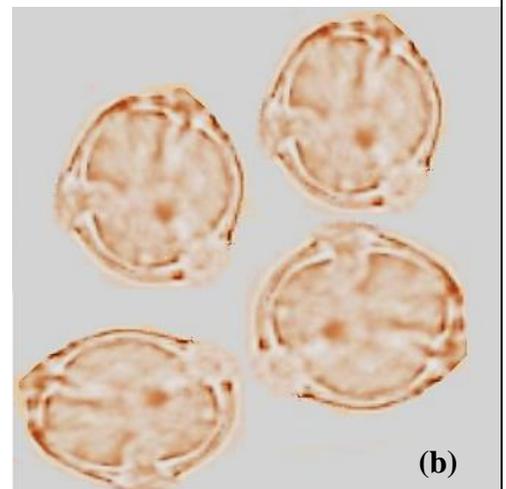
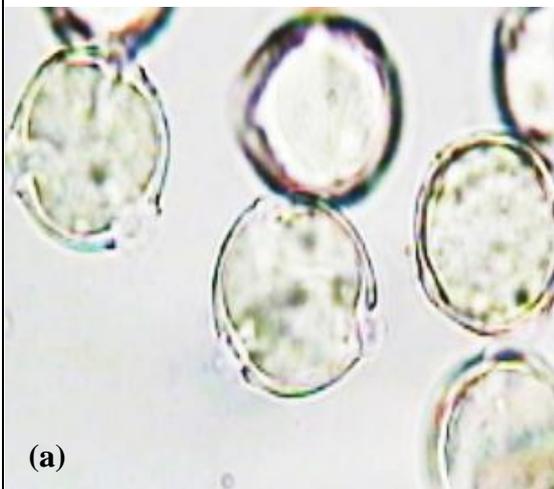
Pistil



étamine

Fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
2.1 cm	Sépales	pétales	styles	Etamines	pistil	-
	5 sépales verts	5 pétales d'un jaune vif, soudés à la base, réfléchis en arrière, et formant une étoile à cinq pointes.	jaunes	5 étamines à déhiscence latérale	Le pistil est constitué de deux carpelles soudés, formant un ovaire supère biloculaire (à deux loges) et à placentation centrale.	

2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :



**Fig. 40 (41)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Solanum lycopersicum* L.  
(b)

(vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
tricolpé	triangulaire	trois sillons	psilate.

<b>Famille des : Solanaceae (Solanacées)</b>	<b>Espèce : <i>Solanum. tuberosum</i> L. (Pomme de terre)</b>
--	---

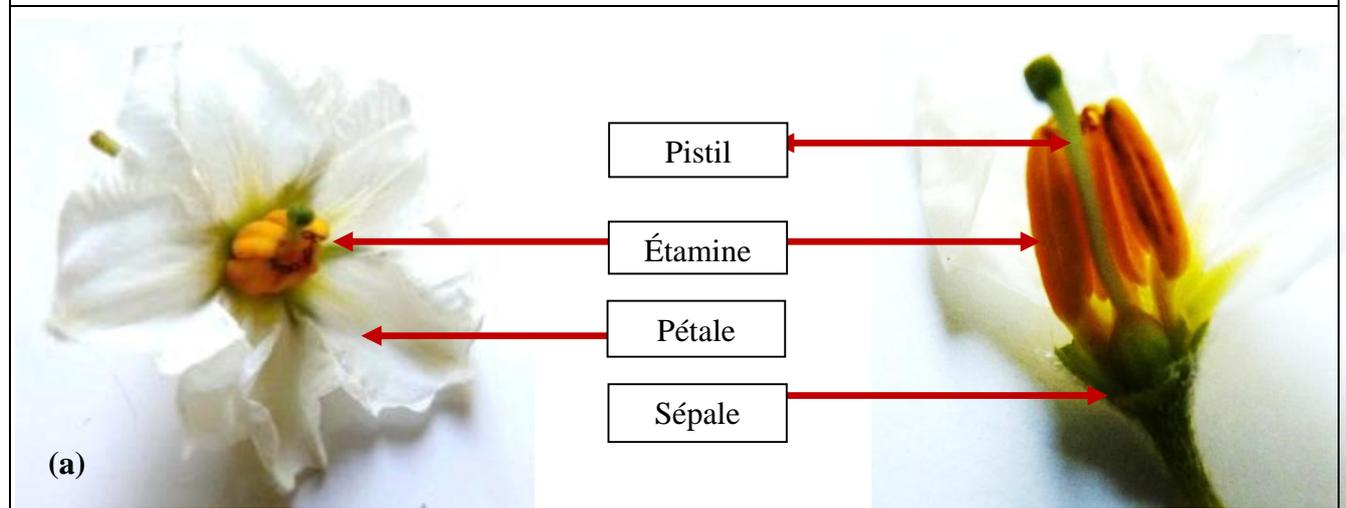
**Intérêts économiques description selon Rousselle et al. (1996).**

La pomme de terre a quatre grands types d'utilisations : l'alimentation humaine a représenté 64,4 %, l'alimentation animale 12,1 %, les semences 9,9 %, la transformation par l'industrie 6,6 % .

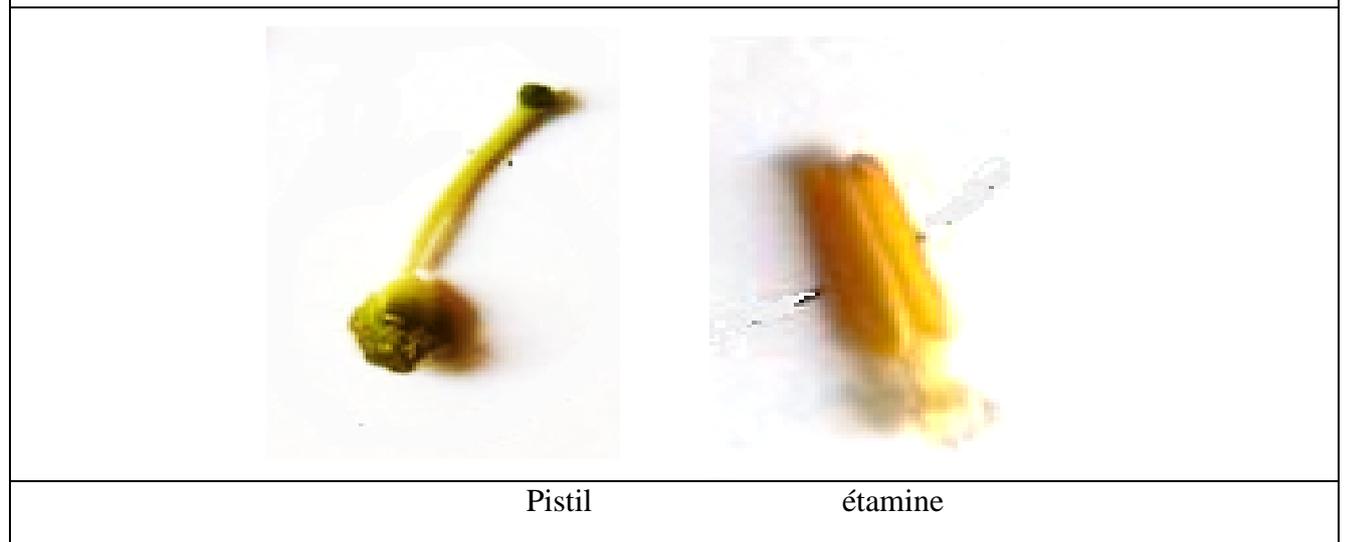
**Biologie florale :**

La pomme de terre est une plante herbacée, tubéreuse, elle peut atteindre 1 m de hauteur. C'est une vivace grâce à ses tubercules mais elle est cultivée comme une plante annuelle.

L'inflorescence est une cyme qui naît à l'extrémité de la tige. Elle compte de 1 à 30 fleurs.



**Fig .40 (43) - Morphologie de la fleur. (b)**

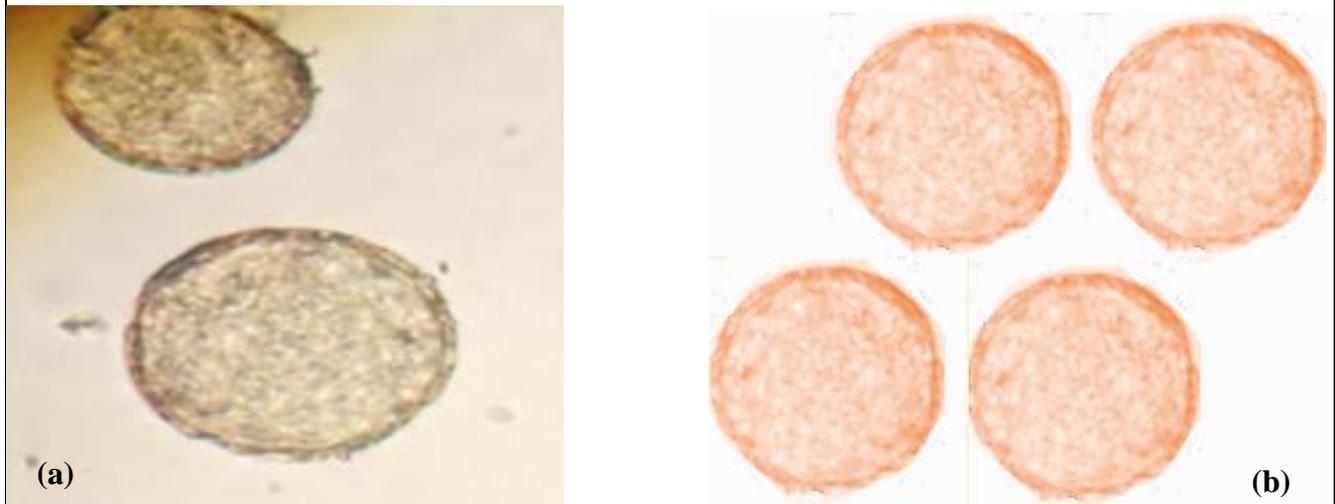


Pistil

étamine

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
4 cm	Sépales	pétales	styles	étamines	pistil	-
	5 sépales, verts soudés à la base	5 pétales blancs soudés	jaunes verdâtres	5 étamines au filet court inséré sur la corolle.	2 carpelles fermés à placentation axile avec un ovaire supère.	

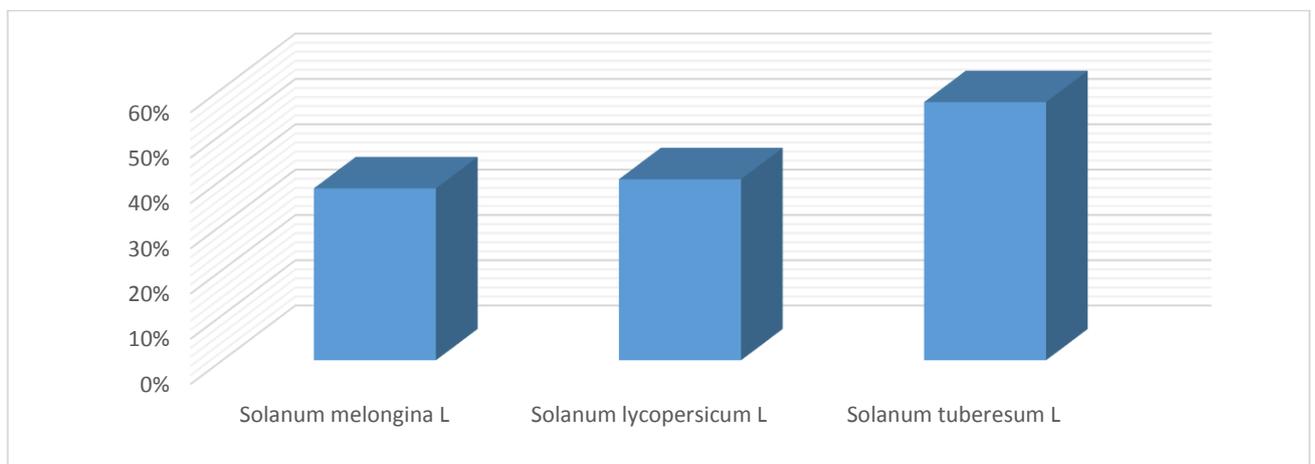
**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (43)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Solanum tuberosum* L. (b) (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au rouge Congo).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
inaperturé	ronde	ni pore, ni sillon	scabrate

**Pourcentage de germination des grains de pollen :**



**Fig. 40 (43)-** Pourcentage de germination des grains de pollen des espèces de la famille des Solanacées. (c)

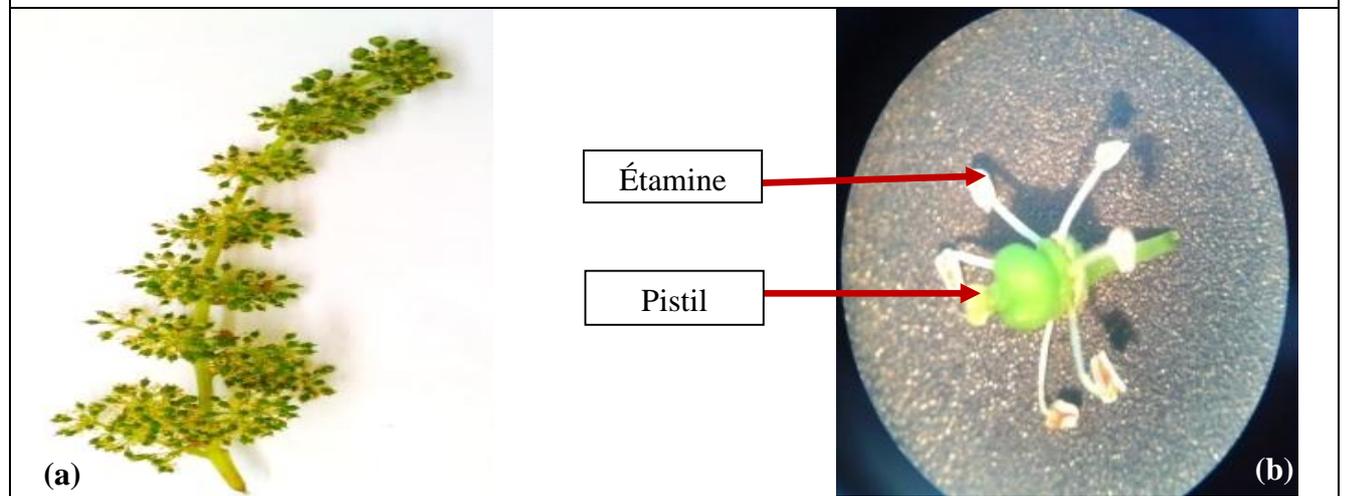
<p><b>Famille des :</b> (Vitaceae) Vitacées</p>	<p><b>Espèce :</b> <i>Vitis vinifera</i> L. (La vigne)</p>
---	--

**Intérêts économiques description selon Huglin & Schneider (1998).**

La Vigne est cultivée pour ses fruits en grappes. En phytothérapie, les feuilles de vigne rouge utilisés pour leur action sur les troubles veineux. La sève et les feuilles sont utilisés comme astringent et anti-inflammatoire.

**Biologie florale présentée par Bouard & pouget (1971).**

La vigne est une espèce d'arbrisseaux. C'est une plante pérenne. Le cycle végétatif définit la croissance d'un rameau, du débourrement à la perte de ses feuilles. Le Cycle reproducteur définit la formation de la fleur et sa transformation en raisin, ainsi que sa maturation.



**Fig 40 (44)** : Morphologie de l'inflorescence et de la fleur.

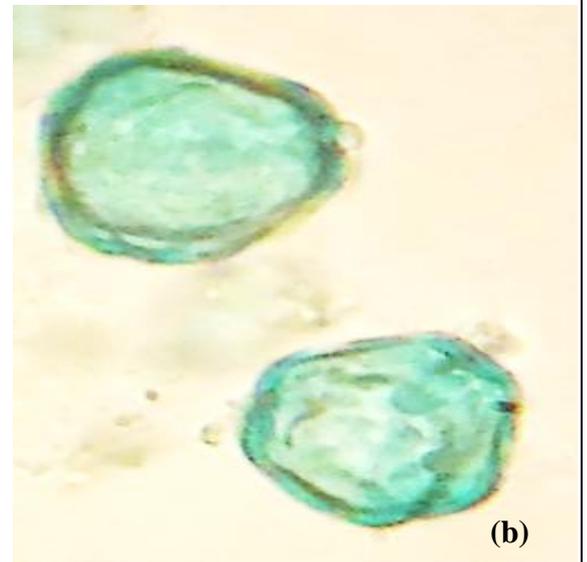


Pistil

étamine

fleur						
Taille	Couleur des			Nombre		duvet
0.33 cm	Sépales	pétales	styles	étamines	pistil	-
	5 sépales sont verts, petits, soudés à la coupe florale.	5 pétales très courts tombent d'une pièce quand la fleur s'épanouit.	Verts très courts	5 étamines séparées superposées aux pétales.	Ovaire supère bicarpellé	

**2-L'observation microscopique et l'identification des grains de pollen :**



**Fig. 40 (44)-** Photographie microscopique des grains de pollen de *Vitis vinifera* L.  
 (b)  
 (vue polaire : a - sans coloration, b- colorés au bleu de Méthylène).

Type apertural des grains de pollen	La forme	L'aperture	L'exine
angulaperturé (tricolpé)	triangulaire	trois sillons	psilate.

Pourcentage de germination des grains de pollen : 77 %

## Discussion

La structure de la fleur est relativement uniforme dans la famille Oleacées, mais on peut observer quelques variantes. Généralement, les fleurs possèdent quatre sépales et quatre pétales, deux étamines rattachées à la surface interne des pétales et un seul ovaire supère.

Les fleurs des Rosacées ont une organisation assez constante : ce sont des fleurs régulières, sur le type 5 : 5 sépales, 5 pétales. Le calice, la corolle et les nombreuses étamines sont réunis à leur base et forment une coupe plus ou moins creuse d'où se détache la partie libre de ces pièces. Le pistil comprend des carpelles libres entre eux.

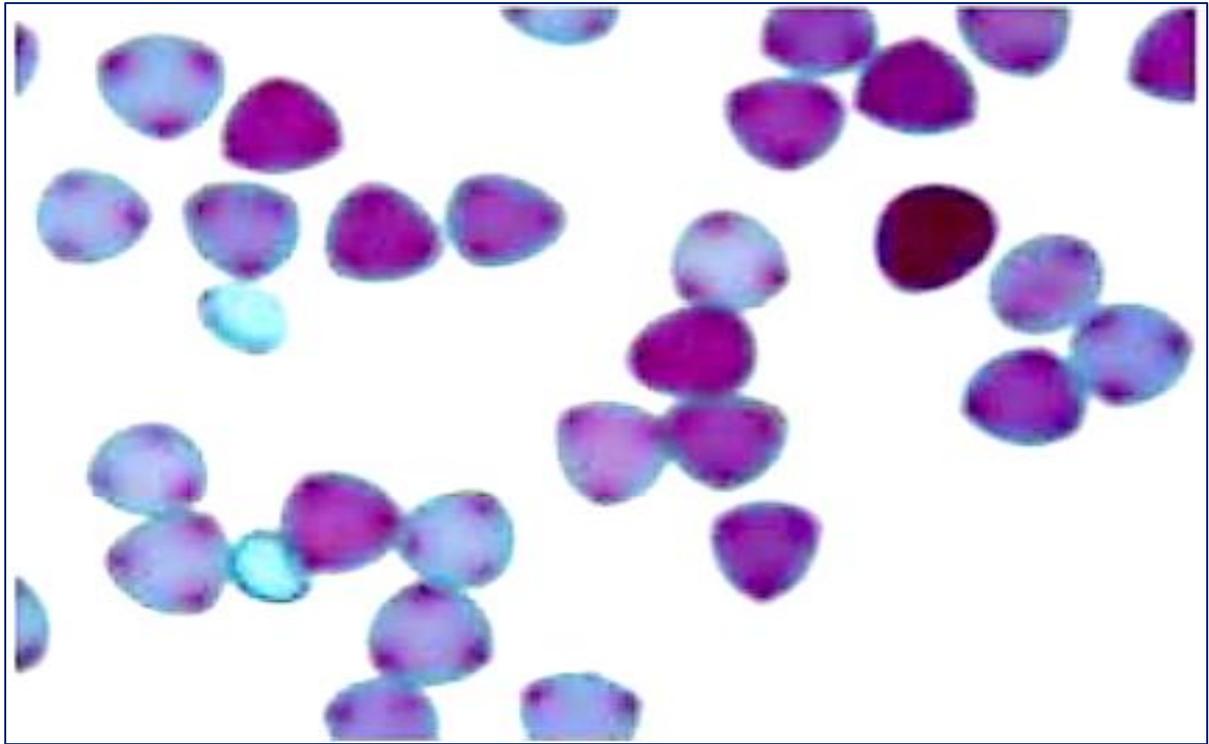
Les Astéracées ont la caractéristique commune d'avoir des fleurs réunies en capitules, c'est-à-dire serrées les unes à côté des autres. Les fleurs des Fabacées sont très majoritairement irrégulières, pétale supérieur très développé, les "latéraux" normaux (ailes) et les deux "inférieurs" souvent plus ou moins soudés. neuf étamines soudées (diadelphes) et une libre. Les fleurs de ces espèces ainsi que celles des Rutacées sont bisexuées.

Le pollen des espèces de *Prunus* est tricolpé ce qui est conforme avec Gibon (1955) qui a remarqué que le grain de pollen de *Prunus sp.* est subsphérique et tricolporé. L'exine a des plis nets. Eide (1981) a étudié 42 espèces appartenant à 18 genres, dont trois prunus, observés en microscopie photonique et MEB ; mais, outre que l'origine géographique (nord-ouest de l'Europe) est très éloignée de la nôtre, les espèces (*P. padus*, *P. avium*, *P. spinosa*) sont différentes.

Katiyar (1982), en microscope photonique, a observé que le pollen de *P. armeniaca* est tricolporé, allongé et que le pollen de *P. persica* est tricolporé, allongé, à structure régulée, avec une exine de moins d'un micron d'épaisseur.

### 3- Evaluation de la viabilité des grains de pollen :

#### 3.1- La viabilité des grains de pollen en fonction de la coloration d'Alexander :



**Fig.41- Coloration des grains de pollen de *Prunus Amygdalus L.* (Famille des Rosacées) en fonction de la méthode utilisée.**

Avec la coloration d'Alexander, les grains viables ont une coloration violette homogène (V) alors que les grains non viables sont de couleur turquoise (NV). Néanmoins, de nombreux grains de pollen présentent des colorations intermédiaires et sont difficiles à discriminer.

La coloration d'Alexander s'accompagne d'une importante variabilité pouvant s'expliquer par la large gamme de coloration des grains observés qui rendait l'évaluation difficile (Figure 41). En effet, elle n'a pas permis une détermination tranchée du statut des grains de pollen. Selon cette technique, pour être considéré comme viable un grain de pollen doit présenter une coloration homogène et fuchsia du cytoplasme et à l'inverse un grain non viable doit présenter une coloration turquoise homogène de la cellulose. Or, nos observations ont révélé que cette méthode colorait les grains de pollen dans une gamme allant du turquoise au fuchsia avec de nombreux intermédiaires (Figure 41) et c'est le cas pour toutes les espèces de la famille des Rosacées et même pour les autres espèces.

Soliman & Al-oheed (2013) ont montré que la FCR pourrait être une estimation fiable de la viabilité du pollen alors que la coloration d'Alexander pouvait la surestimer.

3.2- Test de germination in vitro :

A l'aide de test de germination in vitro, nous avons évalué la viabilité des grains de pollen.

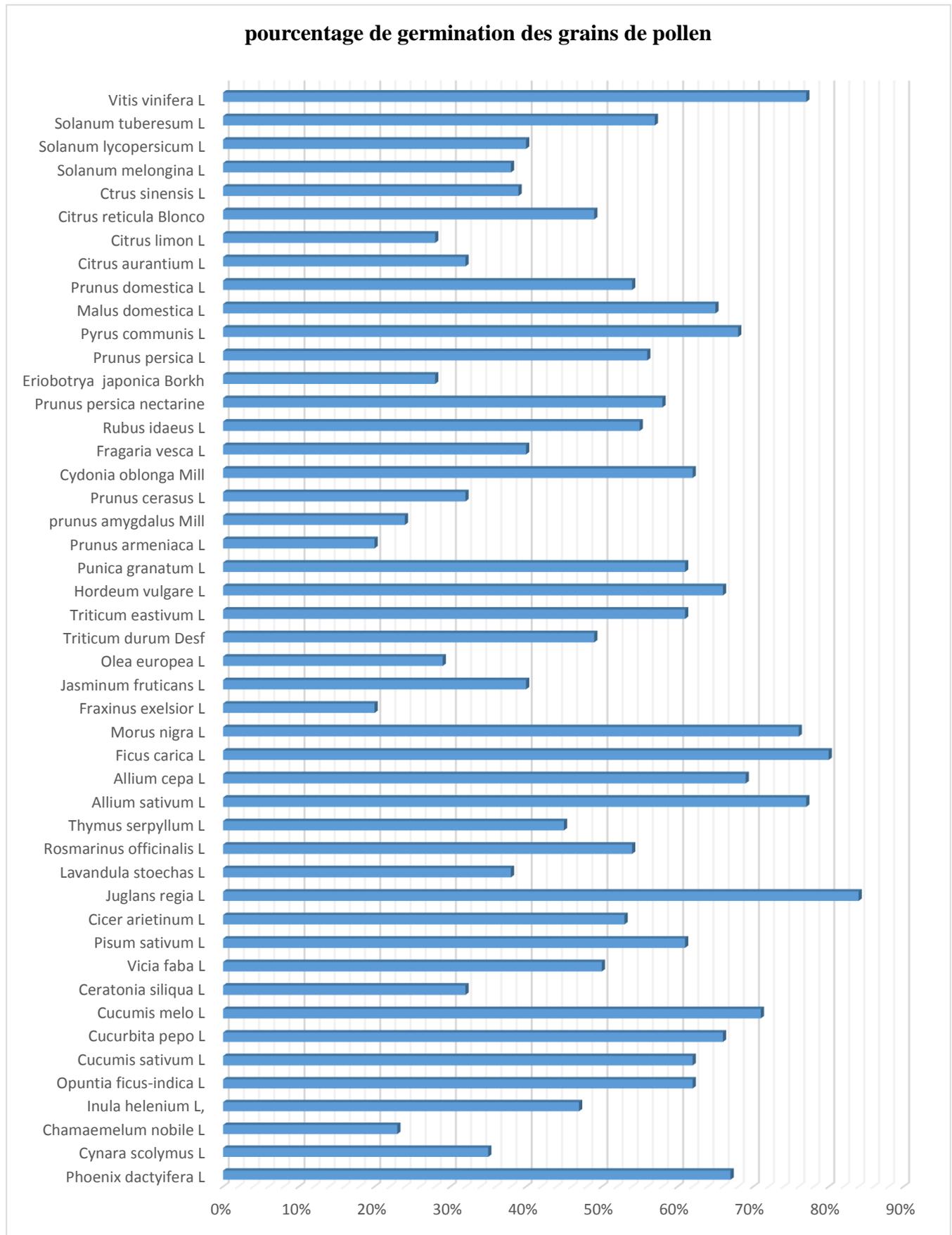


Fig.42- Pourcentage de germination des grains de pollen de différentes espèces.

En ce qui concerne l'évaluation de l'aptitude à germer, la méthode de germination in vitro de Verdel & Pannetier (1990) nous a permis d'obtenir une bonne estimation de l'aptitude à germer du pollen des espèces : *Vitis vinifera* L., *Prunus domestica* L., *Malus domestica* L., *Cydonia oblonga* Mill., *Punica Granatum* L., *Morus nigra* L., *Ficus carica* L., *Juglan regia* L., bien que légèrement plus faible pour *Chamaemelum nobile* L., *Fraxinus excelsior* L., *Prunus armeniaca* L.

Les valeurs de germination enregistrées pour la méthode dérivée de Dumas (1992) et de Saraka et Konan (2010) n'ont pas permis une estimation fiable de l'aptitude à germer du pollen et sont très éloignées des valeurs obtenues par Yao *et al.* (2010).

### 3.3- Evolution du pouvoir germinatif du pollen conservé :

Le suivi de la viabilité des pollens, conservés par les différentes méthodes, nous a permis de connaître l'effet des conditions de conservation sur la viabilité du pollen.

**Tableau IX :** Pourcentage de germination des grains de pollen conservés à domicile et au réfrigérateur de différentes espèces.

N°	Espèces étudiées	Pollen frais	Pollen conservé	
			Au laboratoire	Au réfrigérateur
01	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	67 %	26.02 %	29.64 %
02	<i>Cynara scolymus</i> L.	35 %	09.52 %	15.29 %
03	<i>Chamaemelum nobile</i> L.	23 %	07.16 %	07.01 %
04	<i>Inula helenium</i> L.	47 %	29.62 %	30.34 %
05	<i>Opuntia ficus-indica</i> L.	62 %	24.35 %	30.17 %
06	<i>Cucumis sativus</i> L.	62 %	18.61 %	29.94 %
07	<i>Cucurbita pepo</i> L.	66 %	13.32 %	26.45 %
08	<i>Cucumis melo</i> L.	71 %	28.74 %	29.56 %
09	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	32 %	07.85 %	08.54 %
10	<i>Vicia faba</i> L.	50 %	22.54 %	28.74 %
11	<i>Pisum sativum</i> L.	61 %	16.96 %	22.08 %
12	<i>Cicer arietinum</i> L.	53 %	14.58 %	21.48 %
13	<i>Juglans regia</i> L.	84 %	30.48 %	33.37 %
14	<i>Lavandula stoechas</i> L.	38 %	21.64 %	27.14 %
15	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	54 %	19.05 %	21.30 %
16	<i>Thymus serpyllum</i> L.	45 %	09.30 %	20.46 %
17	<i>Allium sativum</i> L.	77 %	26.28 %	33.82 %

18	<i>Allium cepa</i> L.	69 %	16.63 %	25.71%
19	<i>Ficus carica</i> L.	80 %	17.21 %	29.39 %
20	<i>Morus nigra</i> L.	76 %	19.94 %	31.18 %
21	<i>Fraxinus exelsior</i> L.	20 %	07.35 %	07.83 %
22	<i>Jasminum fruticans</i> L.	40 %	07.02 %	09.26 %
23	<i>Olea europea</i> L.	29 %	10.19 %	19.43 %
24	<i>Triticum durum</i> Desf.	49 %	13.65 %	32.64 %
25	<i>Triticum aestivum</i> L.	61 %	16.21%	22.13 %
26	<i>Hordeum vulgare</i> L.	66 %	21.98 %	27.32 %
27	<i>Punica granatum</i> L.	61 %	22.64 %	30.27 %
28	<i>Prunus amygdalus</i> Mill.	20 %	08.73 %	10.12 %
29	<i>Prunus armeniaca</i> L.	24 %	08.82 %	13.26 %
30	<i>Prunus cerasus</i> L.	32 %	16.91 %	24.67 %
31	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	62 %	30.73 %	33.09 %
32	<i>Fragaria vesca</i> L.	40 %	10.42 %	20.10 %
33	<i>Rubus idaeus</i> L.	55 %	30.21 %	21.61 %
34	<i>Prunus Persica var Nectarina</i> Borkh.	58 %	12.19 %	29.37 %
35	<i>Eriobotrya japonica</i> Thunb.	28 %	08.26 %	09.61 %
36	<i>Prunus persica</i> L.	56 %	30.14 %	32.94 %
37	<i>Pyrus communis</i> L.	63 %	20.54 %	30.82 %
38	<i>Malus domestica</i> Borkh.	65 %	09.17 %	24.29 %
39	<i>Prunus domestica</i> L.	54 %	13.23 %	17.13 %
40	<i>Citrus aurantium</i> L.	32 %	11.26 %	18.54 %
41	<i>Citrus limon</i> L.	28 %	07.13 %	08.42 %
42	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	49 %	26.52 %	29.19 %
43	<i>Citrus sinensis</i> L.	39 %	26.19 %	30.62 %
44	<i>Solanum melongena</i> L.	38 %	20.27 %	22.71 %
45	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	40 %	09.29 %	16.24 %
46	<i>Solanum tuberosum</i> L.	57 %	15.18 %	29.22 %
47	<i>Vitis vinifera</i> L.	77%	14.06 %	33.15 %

D'après le tableau IX , nous constatons que les taux de germination des pollens conservés sont également plus faibles que celui du pollen frais. Le pollen conservé au réfrigérateur présente un taux de germination élevé par rapport à ceux des pollens conservés au laboratoire à cause des conditions de stockage non contrôlées. Ces résultats confirme ceux d' Abohassan (1983).

Moustapha et El Ajilli (1993) rapportent que le pollen conservé au réfrigérateur, pendant une année, perd entre 28 % à 69 % de ses potentialités germinatives.

Après un mois de conservation, le taux de germination des pollens conservés au réfrigérateur le plus élevé est enregistré chez *Juglans regia* L., *Allium sativum* L., *Cydonia oblonga* Mill. et *Vitis vinifera* L. alors que le taux le plus faible est enregistré chez *Chamaemelum nobile* L. et *Fraxinus exelsior* L.

#### 4- L'analyse statistique :

Le tableau suivant comporte le regroupement des espèces étudiées à savoir la forme, les apertures et l'ornementation des grains de pollen.

**Tableau X - Regroupement des espèces étudiées.**

Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
1- <i>Phoenix dactylifera</i> L.	20- <i>Cynara scolymus</i> L.	37- <i>Cucurbita pepo</i> L.
2- <i>Chamaemelum nobile</i> L.	21- <i>Olea europea</i> L.	38- <i>Ceratonia siliqua</i> L.
3- <i>Inula helenium</i> L.	22- <i>Punica granatum</i> L.	39- <i>Juglans regia</i> L.
4- <i>Opuntia ficus-indica</i> L.	23- <i>Prunus amygdalus</i> Mill.	40- <i>Fraxinus exelsior</i> L.
5- <i>Cucumis sativus</i> L.	24- <i>Prunus armeniaca</i> L.	41- <i>Jasminum fruticans</i> L.
6- <i>Cucumis melo</i> L.	25- <i>Prunus cerasus</i> L.	42- <i>Citrus aurantium</i> L.
7- <i>Vicia faba</i> L.	26- <i>Cydonia oblonga</i> Mill.	43- <i>Citrus limon</i> L.
8- <i>Pisum sativum</i> L.	27- <i>Fragaria vesca</i> L.	44- <i>Citrus reticulata</i> Blanco.
9- <i>Cicer arietinum</i> L.	28- <i>Rubus idaeus</i> L.	45- <i>Citrus sinensis</i> L.
10- <i>Lavandula stoechas</i> L.	29- <i>Prunus Persica</i> var <i>Nectarina</i>	46- <i>Solanum melongena</i> L.
11- <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	30- <i>Eriobotrya japonica</i> Thunb.	47- <i>Solanum tuberosum</i> L.
12- <i>Thymus serpyllum</i> L.	31- <i>Prunus persica</i> L.	
13- <i>Allium sativum</i> L.	32- <i>Pyrus communis</i> L.	
14- <i>Allium cepa</i> L.	33- <i>Malus domestica</i> Borkh.	
15- <i>Ficus carica</i> L.	34- <i>Prunus domestica</i> L.	
16- <i>Morus nigra</i> L.	35- <i>Solanum lycopersicum</i> L.	
17- <i>Triticum durum</i> Desf.	36- <i>Vitis vinifera</i> L.	
18- <i>Triticum aestivum</i> L.		
19- <i>Hordeum vulgare</i> L.		

En effet, le regroupement du tableau X a été confirmé par l'étude statistique (Classification Ascendante Hiérarchique) de la figure 43 représentée par le dendrogramme qui nous permet de partitionner nos individus en 3 groupes qui sont coloriées différemment.

L'axe des y de dendrogramme peut être utilisé pour évaluer la dissimilarités entre les groupes. Les espèces les plus proches sont rassemblées dans un même groupe.

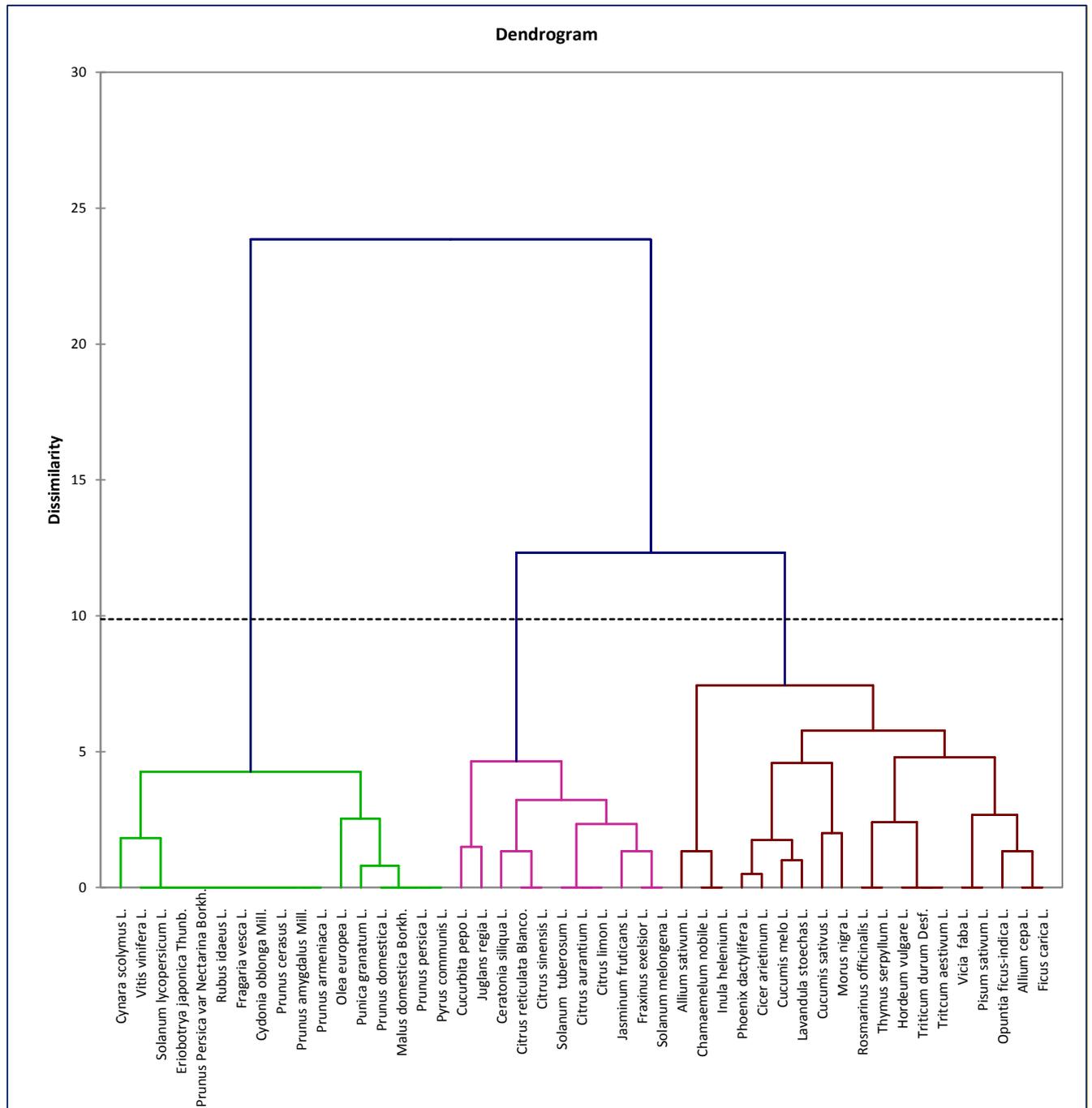


Fig. 43- Dendrogramme de la Classification Ascendante Hiérarchique.

# Conclusion

Parmi les plantes que nous avons étudiées, nous distinguons des plantes annuelles, bisannuelles et pérennes ou vivaces formant les principaux types biologiques dont la durée de la période juvénile accuse une variabilité très grande allant d'une espèce à l'autre. Cette durée varie de moins d'une année (*Solanum lycopersicum* L., *Triticum durum* Desf...) jusqu'à 6 à 7 ans (*Phoenix dactylifera* L.).

Après cette phase juvénile les plantes manifestent leurs caractères reproductifs en produisant les organes floraux. Ainsi, nous pouvons distinguer :

- des fleurs avec des sépales présentant des couleurs autres que vertes (*Prunus armeniaca* L.), avec des pétales verts, avec des pétales et/ou des sépales absents (*Fraxinus excelsior* L., *Ceratonia siliqua* L.).
- des plantes avec des inflorescences modifiées où l'on trouve des fleurs avec un pétale vers l'extérieur et des fleurs en tube au centre (*Cynara scolymus* L., *Chamaemelum nobile* L...).
- les fleurs des Rosacées sont régulières. Elles sont bisexuées, pentamères. Les Astéracées ont la caractéristique commune d'avoir des fleurs réunies en capitules, c'est-à-dire serrées les unes à côté des autres. Les fleurs des Fabacées sont très majoritairement irrégulières, pétale supérieur très développé, les "latéraux" normaux (ailes) et les deux "inférieurs" souvent plus ou moins soudés. neuf étamines soudées (diadelphes) et une libre. Les fleurs de ces espèces ainsi que celles des Rutacées sont bisexuées.
- Les pièces florales peuvent ne pas être toutes présentes dans tous les types de fleurs. En effet, il existe des plantes à fleurs uniquement mâles (avec absence de gynécée : *Ceratonia siliqua* L.), des plantes à fleurs uniquement femelles (avec absence d'androcée : *palmier dattier*), des plantes à fleurs mâles et femelles séparées (*Cucurbita pepo* L.), des plantes à fleurs hermaphrodites (les espèces de la famille des Rosacées, Rutacées,..). Il existe donc une grande variété de fleurs chez les Angiospermes.
- Par ailleurs, le nombre des pièces florales permet de distinguer 3 catégories de plantes :
  - des espèces trimères : exemple des Poacées (*Triticum durum* Desf., *Hordeum vulgare* L. *Allium sativum* L.);
  - des espèces tétramères : exemple des Oleacées (*Olea europea* L., *Jasminum fruticans* L.);
  - des espèces pentamères : exemple des Rosacées ( *Cydonia oblonga* Mill.), Rutacées (*Citrus sinensis* L.).
- La couleur des pétales qui peut s'étaler du blanc (*Prunus cerasus* L.) jusqu'au rouge (*Punica granatum* L.) en passant par d'autres couleurs ;
- Le nombre d'étamines par fleur varie de 1 à l'infini. Il est souvent caractéristique de la famille ou de genre. Lorsqu'il est inférieur à 10 ; Elles sont le plus souvent libres (Rosacées). Elles peuvent être soudées par leurs anthères : Astéracées (*Cynara scolymus* L.) et Cucurbitacées (*Cucurbita pepo* L., *Cucumis melo* L.).

- La présence de duvet qui permet de protéger les organes reproducteurs (étamines et pistils) des espèces qui fleurissent à basses températures assurant ainsi la fécondation dans les conditions naturelles difficiles.

En effet, grâce à ce mode d'adaptation, l' *Eriobotrya japonica* Thunb. fleurit au mois de décembre au moment où le *Prunus amygdalus* Stokes. engage sa reproduction pendant la période la plus froide de l'année (fin hiver : fin février-début mars). Les espèces dépourvues de duvet fleurissent plus tard avec le relèvement de la température : Le *Prunus armeniaca* L. un mois après (fin mars) contrairement à l' *Olea europea* L. et le *Punica granatum* L. dont la floraison s'opère fin avril-début mai, tandis que le figuier fleurit fin mai- début juin quand la température est relativement plus élevée.

L'observation microscopique des grains de pollen de différentes espèces nous a montré une grande diversité dans la forme globale, la taille, le nombre et la forme d'aperture, l'ornementation et dans la production pollinique.

Pour ce qui est du forme des grains de pollen on distingue (tableau XI):

**Tableau XI** - Les différents formes des grains de pollen des espèces étudiées.

Forme	Espèces
Ovale	Fabacées ( <i>Vicia faba</i> L., <i>Pisum sativum</i> L.)
Ronde	Poacées ( <i>Triticum aestivum</i> L., <i>Hordeum vulgare</i> L.)
Triangulaire	Rosacées ( <i>Eriobotrya japonica</i> Thunb., <i>Prunus persica</i> L.).

En ce qui concerne le type apertural on observe (tableau XII) :

**Tableau XII** - Les différents types apertural des grains de pollen des espèces étudiées.

Type apertural	Espèces
Inaperturé	<i>Fraxinus excelsior</i> L. <i>Jasminum fruticans</i> L, <i>Citrus aurantium</i> L. <i>Citrus sinensis</i> L., <i>Citrus limon.</i> , <i>Citrus reticulata</i> Blonco., <i>Solanum tuberosum</i> L.
Monocolpé	Phoenix dactylifera L., <i>Chamaemelum nobile</i> L., <i>Inula helenium</i> L., <i>Allium sativum</i> L.
Tricolpé	Les Rosacées, <i>Cynara scolymus</i> L., <i>Olea europea</i> L.
Dicolpé	<i>Cucumis melo</i> L., <i>lavandula stoechas</i> L.
Zonacolpé	<i>Rosmarinus officinalis</i> L., <i>Thymus serpyllum</i> L.
Ulculé	Poacées
Biporé	<i>Opuntia ficus-indica</i> L., <i>Vicia faba</i> L., <i>Pisum sativum</i> L., <i>Allium cepa</i> L., <i>Ficus carica</i> L.
Triporé	<i>Punica granatum</i> L.
Bicolporé	<i>Cicer arietium</i> L.
Apolaire	<i>Cucumis sativus</i> L., <i>Cucurbita pepo</i> L., , <i>Juglan regia</i> L.

Pour l'ornementation on distingue (tableau XIII) :

**Tableau XIII-** L'ornementation des grains de pollen des espèces étudiées.

Ornementation	Espèces
Psilate	Poacées, <i>Phoenix dactylifera</i> L., <i>Cucumis sativum</i> L., <i>Cucumis melo</i> L., <i>Vicia faba</i> L., <i>Pisum sativum</i> L., <i>Cicer arietinum</i> L., <i>Lavandula stoechas</i> L., <i>Rosmarinus officinalis</i> L., <i>Thymus serpyllum</i> L., <i>Fraxinus exelsior</i> L., <i>Solanum tuberosum</i> L., <i>Solanum lycopersicum</i> L., <i>Allium sativum</i> L., <i>Allium cepa</i> L., <i>Ficus carica</i> L., <i>Morus nigra</i> L., <i>Vitis vinifera</i> L.
Chinate	<i>Cynara scolymus</i> L., <i>Chamaemelum nobile</i> L., <i>Inula helenium</i> L.
Scabrate	<i>Citrus aurantium</i> L., <i>Citrus limon</i> L., <i>Solanum tuberosum</i> L.
Clavate	<i>Cucurbita pepo</i> L.
Verrucate	<i>Juglan regia</i> L.
Reticulate	<i>Jasminum fruticans</i> L.
Gemmate	<i>Citrus reticulata</i> Blonco., <i>Citrus sinensis</i> L.

Quant à la production pollinique, elle varie d'une espèce à l'autre. Ainsi, le mode de dispersion des grains de pollen semble conditionne leur nombre par espèce.

En effet, les espèces qui utilisent le vent pour assurer la dissémination pollinique (espèces anémophiles) produisent un nombre considérable de grains de pollen pour augmenter leur chance de se reproduire (*Phoenix dactylifera* L., *Cucumis sativum* L., *Cucumis melo* L., *Vicia faba* L., *Pisum sativum* L.). Ces grains de pollen sont petits et lisses.

Les espèces qui utilisent les insectes pour transporter le pollen (espèces entomophiles) produisent moins de grains de pollen collants, plus gros et avec des épines : *Cynara scolymus* L., *Chamaemelum nobile* L., *Inula helenium* L.

Enfin, nos résultats ont montré que la coloration d'Alexander n'était pas la méthode la plus fiable pour estimer la viabilité du pollen. En ce qui concerne la germination in vitro, la méthode de Verdel et Pannetier (1990) a permis d'obtenir une estimation fiable de l'aptitude à germer.

Les taux de germination observés après un mois de conservation du pollen varient de 7 % à 33% pour les différentes espèces étudiées.

# Références bibliographiques

### A

- Abohassan A. A., Nasr T. A. et El-Shuks H.A., 1983- Effect of type and storage of pollen on fruiting of Khudari dates. The first Symposium on palm date. El Hassa. Saudi Arabia, 102 – 105.
- Alexander M.P., 1969- Differential staining of aborted and non aborted pollen. Stain Technol.44, 117-122.
- Al-Sereitia M. R. Couplan F. et Delfaud R., 1999- Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. Indian Journal of Experimental Biology. Volume 37. Pp 124-131.
- APG, Angiosperm Phylogeny Group. Embryophytes, Ferns s. l., Gymnosperms, Seed plants, <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html>

### B

- Babahani S. & Bouguedoura N., 2009- Effet de quelques méthodes simple de conservation du pollen sur les caractères de la production dattière. Sciences & Technologie C .N°30, 9-15.
- Bahlouli F., Tiaiba A. et Slamani A., 2008- Etude des différentes méthodes de séchage d'abricot, point sur les méthodes de séchage traditionnelles dans la région du Hodna, wilaya de M'Sila. Département d'Agronomie, Université Mohamed Boudiaf, M'Sila, 62 P.
- Bamouh A., 2003 - Fiche technique, l'abricotier, le prunier, le poirier et le pommier. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, Transfert de technologie en agriculture, n° 107. Ministère de l'agriculture et de développement rural, Maroc, 4 P.
- Barrie E., Juniper F. et Mabberley D. J., 2006- The story of the apple. Ed : Timber Press, Paris. 289 p.
- Baudry O. & Barralis G., 2001 - Le désherbage chimique des arbres fruitiers. 2Ed : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes, CTIFL, 160 P.
- Bawa S., 1995- Pollinisation, seed dispersal, and diversification of Angiosperms. TREE, 10(8),311-312.
- Bayer E., Buttier K.P., Finkenzeller X., GrauJ., 2005- Guide de la flore méditerranéenne, Caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces. Ed : Delachaux et Niestlé, Paris, 288p.
- Besrillon A. R., 1955- Green Plants, their origin and diversity. Cambridge University. 2ed: Press, Paris, 349 p.
- Bedinger P., 1992- The remarkable biology of pollen . Plant cell. Volume 4, 879-887.
- Benlaribi M., 1990- Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.): Etude des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse de Doctorat d'état, I.N.S. Université de Constantine, 164 p.
- Benlaribi M., 2000- Séminaire national sur la stratégie algérienne de développement durable de la diversité biologique. 13-14 juin 2000. Ministère de l'aménagement de territoire, Alger.
- Berger J.P., 2013- Génétique et évolution : Le brassage génétique et la diversité des génomes. Ed: Masson, Paris, 119-201 p.

- Bonhomme M., 2015- Effet de la température sur la viabilité du pollen et la pollinisation. Ed: INRA, Paris, 56-68.
- Bottin B.G., 2012. Structure des plantes. 2<sup>Ed</sup> : Quae, 288 p.
- Botineau M., 2010- Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed : Tec et Doc, Paris, 368 p.
- Bouard J. & Pouget R., 1971 - Sciences et techniques de la vigne, T I, Biologie de la vigne - Sols de vignobles, Physiologie de la croissance et du développement. Ed : Dunod, Paris, 329-415.
- Boughediri L., 1985- Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L). Etude du pollen. Thèse de Magister. USTHB, Alger, 130 p.
- Boullard B. 1988- Dictionnaire de Botanique. Ed : Ellipses, Paris, 400 p.
- Boussaidi F.Z., 1980 - Variation saisonnière de la composition minérale des feuilles, fruits et sol d'un verger de Néflier variété TANAKA. Thèse d'Ing. Agro. INRA. Alger, 1-42.
- Bretaudeau P. C. 1981- Les Poiriers (Poiriers - Culture), Paris ; Bruxelles ; Lausanne. La Vie en Vert. Volume, 95 p.
- Breton C. & Bervillié A., 2012- Histoire de l'Olivier. Ed : Quæ, Versailles, 224 p.
- Brewbaker J.L. & Kwack B.H., 1963- The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. Amer.J. Bot. 50(9), 859-865.
- Bruneton J. 2009- Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 4<sup>Ed</sup> : Tec et Doc, Paris, 270p.
- Buban T. & Faust M., 1982- Flower bud induction in apple trees. Internal control and differentiation. Hort. Rev. 4, 174-203.
- Burnire G., Forrester S., Guest S., Harmony M., Hobbey S. et Lavarack P., 2005- Botanica, encyclopédie de Botanique et d'horticulture, plus de 1000 plantes du monde entier. Place des Victoires. 1020 p.
- Bernier G., 1988- The control of floral evocation and morphogenesis. Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 39, 175-219.
- Benabbes R., 1990 - Approche nutritionnelle du dépérissement de l'abricotier dans la région de N'gaous. Thèse du Doctorat, Université de Batna, 160 P.

### C

- Callen G., 2010- Conservation des ressources génétiques végétales. Programme pluriformation regroupant le service des cultures et de laboratoire de palynologie, Paris, 25 p.
- Callen G. & Cerceau M.T., 1993 – Conservation des ressources génétique végétale. Programme pluriformation regroupant le service des cultures et le laboratoire de palynologie, Paris, 25 p.
- Camefort H. & Boué H., 1985-Reproduction et biologie des principaux groupes végétaux. Ed : Douin, Paris, 211 p.

- Campbell N. & Reece J., 2004- Biologie. 2Ed : De Boeck. Université Bruxelles, 38-49.
- Charrier A., 1990- Pollen et ressources génétiques. Bull. Soc. Bot, Actual. Bot. volume 2, 101- 104.
- Cheung A.Y., 1995- Pollen-pistil interaction in compatible pollination. Prpceeding of the National Academy of Science of the United States of America, 92(8), 307-311.
- Chloé D., 2012- Interactions plante - pollinisateur : caractérisation de la qualité du pollen de deux Cucurbitacées durant son ontogénèse, sa présentation et son transport sur le corps de l'abeille domestique. Thèse du DOCTORAT. Université Toulouse III Paul Sabatier, 179 p.
- Chadefaud M. & Emberger L., 1960- Traité de botanique systématique, t. 2 : Les Végétaux Vasculaires. Ed : Masson, Paris, 280-297.
- Chakass M.A., Carbonnier-Jarreau M. C., Verhille A. M., Reduron J.P. et Boussioud-Corbières F., 2013- Contribution à la connaissance du pollen de trois espèces de Rosacées importantes pour l'arboriculture fruitière au Liban: l'amandier (*Prunus amygdalus* Stokes), l'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) et le pêcher (*Prunus persica* L.). Acta Botanica Gallica. Volume 156:2, 295-302.
- Colas F. & Mercier S., 2000- Evaluation et maintien de la viabilité des pollens utilisés dans le programme d'amélioration des arbres. Mémoire de recherche forestière n° 135, 16-19.
- Coutanceau M., 1962 - Arboriculture fruitière, technique et économie des cultures de Rosacées fruitières ligneuses. 2Ed : Baillièrre et Fils, Paris, 575 P.
- Cipriani G., Lot G., Huang W.G., Marrazzo M. T., Peterlunger E. et Testolin R., 1999- Peach (*Prunus persica* (L) Batsch) : isolation, characterisation and cross-species amplification in Prunus. Theoretical and Applied Genetics. Volume 99, 65–72.
- Collin P., Badot P.M. et Millet B., 1997- Le point des connaissances relatives à la croissance et au développement du Frêne commun (*Fraxinus excelsior* L.). Acta Botanica Gallica. Volume 144, 253-267.
- Couplan F., 2012- Les plantes et leurs noms : Histoires insolite. Ed : Quae, 120 p.
- D**
- Dajoz, I., Bottraud T.I., et Gouyon P. H., 1993- Pollen aperture polymorphism and gametophyte performance in *Viola diversifolia*. Evolution 47, 180-193.
- Delille L., 2007- Les plantes médicinales d'Algérie. Ed : Berti, Alger, 240 p.
- Delplane K.S. & Meyer D.F, 2000- Crop pollinisation by bees, Cambridge, University Press, 61-68.
- Delmasy M.J., 1990- Les plantes à graines : structure, biologie, développement. Ed : Décarie, Québec, 29-37.
- Demolon A., 1968 - Croissance des végétaux cultivés, T III. 6Ed : DUNOD, Paris, 590 P.
- Douzet R., 2007- Petit lexique de botanique à l'usage du débutant. Ed : Version, Paris, 8-17.
- Ducreux G., 2002- Introduction à la botanique. Ed : Belin, Paris, 256 p.

- Dumas V.R., 2000- Pollen. In technique de cytogénétique végétale. Ed : INRA, Paris, 119 p.
- Dupont F. & Guignard J.L. 2004- Botanique, Systématique moléculaire. 14Ed : Masson, Paris, 286 p.
- Dupont F. & Guignard J.L. 2012- Botanique, les familles des plantes. 15 Ed : Masson, Paris, 300 p.
- Dibos C., 2010- Interaction plante- pollinisateur : caractérisation de la qualité du pollen de deux Cucurbitacées durant son ontogénèse, sa présentation et son transport sur le corps de l'abeille domestique. Thèse du Doctorat, 178 p.

### E

- Edlund A.F., Swanson R. et Preuss D., 2004- Pollen and Stigma Structure and Function: The Role of diversity in Pollination. In The Plant cell. Volume 16, 84–97.
- Erdtman G., 1952- Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms (an introduction to palynology). Ed: Almqvist and Wiksell, Stockholm, 51-57.
- Eide F., 1981- Key for north west European Rosaceae pollen. Grana, 20, 101-118.

### F

- Fayant P., 2010- Modélisation par éléments finis de la croissance du tube pollinique. Thèse de Doctorat. Université de Montréal, 175 p.
- Feller M. J. & Demalsy J., 1988- Analyse pollinique des miels de l'Ontario, Canada. Université du Québec à Rimouski, 47-53.
- Fraser W.T., Scott A.C., Forbes A.E.S., Glasspool I.J., Plotnick R.E., Kenig F. et Lomex. B.H. ,2012- Evolutionary stasis of sporopollenin biochemistry revealed by unaltered Pennsylvanian spores. New Phytologist. Volume 196, 397–401.
- Free J.B., 1993- Insect pollination of crops. 2Ed: Academic Press, London, 29-38.

### G

- Gallais A. & Bannerot H., 1992- Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed : INRA, Paris, 768p.
- Gautier M., 1987 - La culture fruitière, V 1, L'arbre fruitier. Technique et Documentation. Ed : Lavoisier, Paris, 492 P.
- Geitmann A. & Steer M., 2006- The Architecture and Properties of the Pollen Tube Cell Wall, in Plant Cell Monogr, 177-200.
- Gerard C. & Germain E., 1994 - Le Noyer, Nouvelles techniques. Edition Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes .Ed : CTIFL, Paris, 207 P.
- Ghalayini F., Al-Ghazo M. et Harfeil M.A., 2011- Prophylaxis and therapeutic effects of raspberry (*Rubus idaeus*) on renal stone formation. Braz J Urol. Volume 37 (2), 259–267.
- Gibon P., 1955- Contribution à l'étude morphologique des grains de pollen. C. R. Congrès Soc. Savantes, Lille, sect.sci, 377-389.

- Guitián P., 1998- Floral biology of the distylous Mediterranean shrub *Jasminum fruticans* (Oleaceae). *Nordic Journal of Botany*. Volume 18, n° 2, 195–201.
- Guillon Y., 2010- Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandula* : aspects évolutifs et physiologiques. Thèse de Doctorat. Université de Saint-Etienne-Jean-Monnet, 253 p.
- Guignard J.L., 1982- Botanique, Systématique moléculaire. Ed : Masson, Paris, 286p.
- Guignard J. L., 1983- Botanique : Systématique moléculaire. 7Ed : Masson, Paris, 283 p.
- Guignard J. L. & Dupont F., 2012- Botanique : Les familles de plantes. Ed: Elsevier, Paris, 300 p.
- Green V., Daimon S. et Primo T., 2015. Le Jardinier d'intérieur : familles de plantes. Ed : The Indoor Gardener Magazine, Canada, 259 p.

### H

- Haïcour R., 2002- biotechnologies végétales. Techniques de laboratoire. Ed: Lavoisier, Paris, 246-253.
- Hartmann C., Joseph C. et Millet B., 2000- Biologie et physiologie de la plante. Ed : Narthan, Paris, 223 p.
- Heller R., 1977 - Abrégé de physiologie Végétale, V I, Nutrition. Ed : Masson, France, 67-112.
- Heller R., 1984 - Physiologie Végétale, V I, Nutrition. Ed : Durand., France, 244 P.
- Heslop-Harrison J. 1979- An Interpretation of the Hydrodynamics of Pollen. *American Journal of Botany*. Volume 66, 737 p.
- Hmid I., 2014- Contribution à la valorisation alimentaire de la grenade marocaine (*Punica Granatum* L.) : caractérisation physicochimique, biochimique et stabilité de leur jus frais. *Alimentation et Nutrition*. Université d'Angers, 106-111.
- Hoën C., 1999 - Physiologie Végétale. 6 Ed : Dunod, Paris, 323 P.
- Hopkins W.G., 2003- Physiologie végétale. 2Ed : de boeck, Paris, 514 p.
- Hûgel M. F., 1962- étude de quelques constituants du pollen. 5(2), 97-133.
- Huglin S. & Schneider M., 1998- Biologie et écologie de la vigne. Ed : Lavoisier, Paris, 370 p.

### J

- Jean R.V., 1983- Croissance végétale et morphogenèse, coll. Actualités scientifiques et agronomiques de l'INRA, Paris, 340 p.
- Jean F., Gaudry M. et Prat R., 2012- Biologie végétale, Croissance et développement. 2Ed : Dunod, Paris, 242p.
- Judd W.S. & Campbell C.S., Ellogg E.A. et Stevens P., 2002- Botanique systématique, une perspective phylogénétique, traduction de la 1 ère édition américaine, De Boeck Université, 468 p.

K                  

Katiyar K., 1982- Studies in the pollen morphology of rosales. Adv. Pollen-spore Res, 80 p.

Kleman C., 2001- La reproduction des Angiospermes. Ed : Belin, Paris, 175 p.

Konate I., 2007- Diversité phénologique et moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des bactéries endophytes qui lui sont associées. Thèse de Doctorat. Université Mohamed V-AGDAL, Maroc, 196 P.

krook M., 2015- le jardinier d'intérieur. Familles de plantes. Volume 10. N° 5, 27-38.

                  L                  

Laberche J.C., 2004- Biologie végétale. 2Ed : Dunod, Paris, 270p.

Laberche J.C., 2010- Biologie végétale. Dunod, Paris, 305p.

Larson R. A., 1988- The antioxidants of higher plants. Phytochemistry, 969-978.

Lebrun P.B., 2011- Petit traité du pois chiche. Ed : Le Sureau, 98 p.

Lichou J., Audubert A., 1989 - l'Abricotier. Ed : La Bayeusaine, Bayeux, 386 P.

Lieutaghi P., 2004- Le Livre des Arbres, Arbustes & Arbrisseaux. Actes Sud, 322 p.

                  M                  

Ma R., Yu M., Du P., Guo H. et Song H., 2003- Evaluation of germplasm resources and breeding of flat Peach. Acta Horticulture, volume 620, 54-59.

Ma H., 2005- Molecular genetic analyses of microsporogenesis and microgametogenesis in flowering plants. Annu Rev Plant Biol. Volume 56, 393-434.

Macheix J. J., Fleuriet A., Billot J., 1990 - Fruit phenolics. Ed: CRC Press, 132-136.

Machiex J. J & Fleuriet A., 1993- Phenolics in fruit and fruit products : progress and prospect. In : Scalbert A., - Polyphenolic phenomena. Ed: INRA, Paris, 157-163.

Magnin G. J., 2004- Histoire de la botanique. Ed : Delachaux et Niestlé, Paris, 240 p.

Marchenay P., 1987- À la recherche des variétés locales de plantes cultivées. Guide méthodologique, Porquerolles, PAGE-PACA ; Paris, Bureau des ressources génétiques, 211 p.

Marouf A., Rynaude J., 2007- La botanique de A à Z. Ed : Dunod, Paris, 342p.

Mayer F. X., Waugh R., Langridge P., Close T. J., Wise R.P., Graner A. et Matsumoto T., 2012- A physical, genetic and functional sequence assembly of the barley genome. Nature. Volume 491, 711–716.

Mehri H., Crabbé J., 2002- Processus de développement génératif chez le pommier var Golden Delicious. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 6 (1) ,51–60.

Mercier S., 1995- The role of a pollen bank in the tree genetic improvement program in Québec, Canada. Grana 34, 367-370.

- Mesquida J., Renard M. et Mesquida B., 1987- Etude préliminaire sur la germination " in vitro " du pollen de colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzger) et sur l'évolution dans le temps de son aptitude à germer. *Agronomie*, EDP Sciences, volume 7 (6), 409-416.
- Meiller D. & Vannier P., 1991- Le Grand Livre des fruits et légumes, histoire, culture et usage. Ed : la Manufacture, Paris, 248 p.
- Meyer S., Reeb C. et Bosdeveix R., 2008- Botanique, biologie et physiologie végétales. 2Ed : Maloine, Paris, 490p.
- Meynadier P., 2002- Recensement et introduction de cultivars fruitiers de mûriers », *FAO animal production and health paper*. Volume 147, 63-71.
- Moody W.R. & Jett J.B., 1990- Effects of pollen viability and vigor on seed production of loblolly pine. *South J. Applied for.* 14(1), 33-38.
- Moraes T. M., Kushima H., Moleiro F. C., Santos R. C., Rocha L. R. M., Marques M. O. et Hiruma-Lima C. A., 2009-Effects of limonene and essential oil from *Citrus aurantium* on gastric mucosa: role of prostaglandins and gastric mucus secretion. *Chemico-Biological Interactions*, volume 3, 499-505.
- Marison N., Vaissière B., Martin F., Pécaut P. et Cambon G., 2000- Pollinisation de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) par l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) en production de semences hybrides sous abris grillagés. *Apidologie*, Springer Verlag. Volume 31, 115-128.
- Moore H. E., 1973- The major groups of palms and their distribution *Gentes. Herbarium*, 27–141.
- Morot-Gaudry J.F. & Prat R., 2012- Biologie végétale-croissance et développement. 2Ed : Dunod, Paris, 242 p.
- Moustapha M. I & El Ajilli F. R., 1993- Effect of storage and quality of medium on germination of pollen grain palm date. *The third Symposium on palm date. El Hassa. Saudi Arabia*, 345 – 348.
- Millet B., 1998- Biologie et physiologie de la plante. Ed : Lavoisier, Paris, 25-26.
- Munier P., 1973- Le palmier dattier. Ed : Maisonneuve et Larose, Paris, 211 p.
- Murray W. & Nabors M., 2004- Introduction to botany. Ed: Pearson, 626 p.
- . \_\_\_\_\_ N \_\_\_\_\_ .
- Nabors M., 2008-Biologie végétale, structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies, traduction française de l'édition américaine. Pearson, 614 p.
- Nuce L., Wuidart W. et Sangar A., 1980- La fécondation artificielle du cocotier. *Oléagineux* 35(4), 319-326.
- . \_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_ .
- Ozenda P., 2000- Les végétaux, Organisation et diversité biologique. Ed : Dunod, Paris, 516p.
- Ozenda P., 2006- Les végétaux, organisation et diversité biologique. 3Ed : Dunod, Paris, 516p.
- . \_\_\_\_\_ P \_\_\_\_\_ .
- Pacini E., 2000- From anther and pollen ripening to pollen presentation. *Plant systematics and Evolution*, Volume 222(4), 19-43.

- Paldat R., 2015- Society for the Promotion of Palynological .Research in Austria, 14-17.
- Ressayre W.W., Pesson F. S. et Steer M., 2002- Observations of Harmomegathy in Pollen of Anthophyta. Grana. Volume 12, 93–98.
- Pesson P. & Louveaux J., 1984- Pollinisation et productions végétales. Ed : INRA, Paris, 52-69.
- Pesson P. & Louveaux J., 2002- Pollinisation et production végétales. Ed : INRA, Paris, 398p.
- Pitrat M. & Foury C., 2003- Histoire de légumes. Ed : INRA, Paris, 410 p.
- Picard E. & De Buyser J., 2002- Haploïdisation chez le blé, les biotechnologies végétales. A.U.F, 251-268.
- Picardie A., 1999- Pollens : une menace pour la santé. Ed: FVW, 16-18.
- Picton J.M. & Steer M.W., 1982- A model for the mecanisme of tip extention in pollen tube. In Theor. Biol.98, 15-20.
- Pons A. & Quezel P., 1957- Première étude palynologique de quelques paléosols sahariens. Institut de Recherche Saharienne. Université d'Alger, 15-30.
- Pons A., 1966- Palynologie et pédagogie. Ed : Bull. APBG n° 3, 231-234.
- Prieu C., 2015- Evolution et Développement des grains de pollen chez les Angiospermes. Université Paris-Saclay, Français, 42-49.
- Puech F., 2015- Croissance et développement. Ed : ESPE de Bretagne, 111-117.
- . **Q** .
- Quezel P. & Santa S., 1962- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionales. Tome II. Ed : Centre Nationale de la Recherche Scientifique-France- Paris, 902-1087.
- . **R** .
- Raven P.H., Evert R.F. et Eichhan S.E., 2007- Biologie végétale. 7Ed : De Boeck, Paris, 852 p.
- Reynaud J., 2011- Comprendre la botanique Histoire, évolution, systématique. Ed : ellipses, Paris, 238p.
- Reeb M., 2008- Biologie végétale- associations et interactions chez les plantes. Ed : Dunod, Paris, 164 p.
- Reille M., 1992- Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Ed : URA, France, 296 p.
- Reille M., 2013- Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. Ed : Lozère, France, 163 p.
- Richard D., Chevalet P. et Soubaya T., 2014- Mémo visuel de biologie : l'essentiel en fiches. 2Ed : Dunod, Paris, 225-233.
- Rigollot M., 1971- La palynologie en 1 ère D. Ed : Bull. APBG n° 4, 823 p.
- Rosa J.T., 1924- Fruiting habit and pollination of cantaloupe.21, 51-57.

- Rosenblatt L. & Christandl F., 2003- Coings : Le retour d'un fruit oublié, Delémont, Viridis. Ed : Lavoisier, Paris, 396 p.
- Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C, 1996- La pomme de terre - Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations.Ed : INRA, Paris, 640 p.
- Russell S.D., 1992- Double fertilization. International Review of Cytology, 357- 388.
- Robert D., Dumas C. et Bajon C., 1998- Biologie végétale volume 3. La reproduction. Ed : doin, Paris, 384p.
- Robert D ., 2002 - Organisation cellulaire Ed : Doin, Paris, 367 p.
- Robert D. & Catesson A. M., 2000 – Organisations végétative, Ed Doin, Paris , 356 p.
- .           S           .
- Salisbury F.B. & Ross C.W., 1985- Plant physiology, Wordsworth Publishing Co.Ed: Belmont, California, 52-60.
- Saraka D.M. & Konan J., 2010- Effet de la durée de conservation sur la qualité du pollen en production de semences chez le cocotier (*Cocos nucifera* L.). Science et Nature. Volume 7 N°1, 87-96.
- Schoenike R.E & Bey C.F., 1981- Conserving genes through pollen storage, Pollen management handbook. Ed : Franklin, forest service, Washington, 72-73.
- Shankara N., Barbara V. D. et Arwen F., 2005- La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation, cinquième édition révisée, Wageningen, Agromisa Foundation, coll. Agrodok, 105 p.
- Silagy C.A., Neil H.A., 1994- A meta-analysis of the effect of garlic on blood pressure. Journal of Hypertension. Volume 12, 463-468.
- Soliman S.S & Al-Obeed R.S., 2013- pollen morphology of some date palm males (*Phoenix dactylifera* L.) Arabia conditions. 4 ème Meeting International sur la Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides- (Djerba 17-19 décembre).
- Soltner D., 1987 - Les grandes productions végétales « Céréales –plante sarclées- prairies ».15 Ed : Collection sciences et techniques agricoles, 461 p.
- Spichiger R.F., Savolainen V.V., Figeat M. et Jeanmonod D., 2009- Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. 2Ed : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 413p.
- Stanley R.G & Linskens H.F., 1974- Pollen : biology, biochemistry, and management. Ed :Springer-Verlag, New York, 307 p.
- Sterry P., 2001. Toute la nature méditerranéenne, 1500 descriptions et photographies d'animaux et de plantes. Ed : delachaux et Niestlé, Paris, 383p.

T

Tavaud M., Zanetto A., David J.L., Laigret F. et Dirlewanger E., 2004- Genetic relationships between diploid and allotetraploid cherry species (*Prunus avium*, *Prunus gondouinii* and *Prunus cerasus*). *Heredity*, volume 93, 631-638.

Theissen G. -& Saedler H., 2001- plant biology. Floral quartets. *Nature*. Volume 409, 469-471.

Tisserat B. & De Masson D., 1980- A histological study of development of asexual embryos in organ cultures of *Phoenix dactylifera* L. *Annals of Bot.* Volume 46, 465 – 472.

U

Ulrich D., Komes D., Olbricht K. et Hoberg E., 2007- Diversity of aroma patterns in wild and cultivated *Fragaria* accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Volume 54, N° 6, 1185-1196.

V

Vallade J., 1999 – Structure et développement de la plante. Ed : Dunod, Paris .217 p.

Vaughn M. & Bryant F., 2008- *Palynology: Pollen and spores*. Texas A & M University, 84 p.

Verdel J. L. & Pannetier C., 1990- Optimisation des conditions de germination in vitro du pollen de cocotier (*Cocos nucifera* L.) pour la mise au point d'un test de viabilité. *Oléagineux*, 45(4), 175-179.

W

Wang Y., Shahid M. Q , Lin S. et Chengjie C., 2017- Footprints of domestication revealed by RAD-tag resequencing in loquat: SNP data reveals a non-significant domestication bottleneck and a single domestication event. *BMC Genomics*. Volume 18, 354 p.

Wodehouse R.P., 1935- *Pollen grains: their structure, identification and significance, in science and medicine*. Ed: Hafner Publishing CO, New York, 66-76.

Welpert L., 2004- *Principles of development*. Ed: Oxford, Press. 221 p.

Y

Yadegari R. & Drews G.N., 2004- Femal gametophyte development. *Plant Cell*. 16, 33-41.

Yampolsky J.P., 1952 - *Biologie végétale, Physiologie végétale*. Imprimerie de Montligeon, La Chapelle-Montligeon (ORNE), 439 P.

Yao S. D. M., Konan J. L., Sié R.S., Assa R. et Allouk. A., 2010- Effet de la durée de conservation sur la qualité du pollen en production de semences chez le cocotier (*Cocos nucifera* L.). *Sciences & Nature*. Volume 7. N°1, 87 – 96.

Yousfi H. & Laamouri A., 2013- Morphological and nutritional characteristics of the cladodes of sixteen cultivars and clones of spineless cactus growing in Tunisia. *Acta Horticulturae*, 331–336.

### Quelques sites internet consultés :

<http://www.creweb.fr/vegetal/>: didacticiel de biologie végétale.

<http://www.ecologie.gouv.fr/-Biodiversite-et-paysages-.html>: site du ministère de l'écologie avec liens (Nature 2000, sites et espèces protégés, conservatoire botanique).

<http://home.euphony.net.be/abeille/prod/pollen.html>

[http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2011\\_B02/index.html](http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2011_B02/index.html)

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Angiospermes\\_arbre.svg/658px-Angiospermes\\_arbre.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Angiospermes_arbre.svg/658px-Angiospermes_arbre.svg.png)).

<http://www.bio.uu.nl/~palaeo/glossary/glos-int.htm>

<http://www.botanique.org>

<http://www.bio.uu.nl/~palaeo/glossary/glos-int.htm>

<http://www.pollenetallergie.ch>

**Summary:**

The study realized at the Laboratory of Development and Valorization of Plant Genetic Resources, is conducted on species of Angiosperm families.

This study aims to describe some examples of selected plants in relation to their economic interest. It is particularly related to the study of floral morphology and its main variations especially the description of the floral pieces and the characteristics of the pollen grains as well as the estimation of their viability. After collecting flowers of economic interest species, we proceeded to their study.

The observations focused on morphology with the eyes first then with binocular on the reproductive organs and particularly on the pollen grains.

The results obtained give a great variability as well in the organization of the flower from the point of view of number, color of pieces, number, shape and ornamentation of pollen grains as their viability evaluated by Alexander's coloration and in vitro germination.

In fact, the number of floral pieces makes it possible to distinguish 3 categories of plants:

Trimers species: Poaceae (*Triticum durum* Desf.), tetramers species : Oleaceae (*Olea europea* L.) and pentamers species: Rosaceae (*Prunus armeniaca* L.).

The color of the flowers that can spread from white (*Prunus cerasus* L.) to red (*Punica granatum* L.) while passing from one species to another;

The number of stamens by flower varies from 1 to infinite. It is often characteristic of the family or genus. When it is less than 10; They are most often free (Rosaceae). They can be welded by their anthers: Composeae and Cucurbitaceae (*Cucurbita pepo* L.).

The presence of fuzz helps protect the reproductive organs (stamens and pistils) species that bloom at low temperatures.

The microscopic observation of the pollen grains gives off the oval shape (Fabaceae), round: Poaceae (*Triticum aestivum* L.) and triangular: Rosaceae.

Pollen grains can be tricolor with an exine psilate (Rosaceae); round in shape, with exine psilate (Poaceae); oval in shape, with exine chinate (Asteraceae) and for the Lamiaceae family: the pollen grains have an oval shape, they are zonacolpe, with exine psilate.

The mode of dispersion determines the number of pollen grains produced.

- Anemophilous species produce a considerable number of pollen grains to increase their chances of breeding (*Phoenix dactylifera* L., *Cucumis sativum* L., *Vicia faba* L., *Pisum sativum* L.). These are small and smooth.

- Species that use insects to transport pollen (entomophilous species) produce fewer pollen grains that are sticky, larger and with thorns: species of the family Asteraceae (eg: *Cynara scolymus* L.)

Finally, our results showed that Alexander staining is not the most reliable method for estimating pollen viability. With regard to in vitro germination it was possible to obtain a reliable estimate of the ability to germinate.

Germination rates observed after one month of pollen conservation ranged from 7% to 33%.

**Keywords:** flowers, floral dissection, pollen, extraction, germination test.

## ملخص:

أجريت الدراسة في مختبر تطوير وتنميين الموارد الوراثية النباتية ، أجريت على أنواع من عائلات البذور. تهدف هذه الدراسة إلى وصف بعض الأمثلة للنباتات المختارة فيما يتعلق بقيمتها الاقتصادية. ويرتبط بشكل خاص بدراسة مورفولوجيا الأزهار وتنوعاتها الرئيسية وخاصة وصف قطع الأزهار وخصائص حبوب اللقاح وكذلك تقدير جدواها. بعد جمع الأزهار للأنواع ذات الأهمية الاقتصادية ، لقد شرعنا في دراستهم. ركزت الملاحظات على الشكل المورفولوجي أولاً بالعين المجردة ثم بالمناظير للأعضاء التناسلية خاصةً لحبوب اللقاح. النتائج المتحصل تقدم تغيرات كبيرة وكذلك في تنظيم الزهرة من حيث عدد و لون القطع الزهرية , عدد , شكل وزخرفة حبوب اللقاح كما تم تقييم جدواها بواسطة تلوين الكسندر والإنبات في المختبر.

في الواقع ، عدد قطع الأزهار يجعل من الممكن تمييز 3 فئات من النباتات:

أنواع ثلاثية: Poaceae (*Triticum durum* Desf.) ، أنواع رباعية : Oleaceae (*Olea europaea* L.) وأنواع خماسية Rosaceae (*Prunus armeniaca* L.) .

لون الأزهار التي يمكن أن تنطلق من الأبيض (*Prunus cerasus* L.) إلى الأحمر (*Punica granatum* L.) أثناء المرور من نوع إلى آخر ؛

يختلف عدد الأسدية حسب الزهور من 1 إلى مالانهاية. غالباً ما تكون مميزة للعائلة أو الجنس. عندما يكون أقل من 10 ؛ هم في معظم الأحيان منفصلة (Rosaceae). يمكن أن تكون ملحومة بالمئبر Composeae و Cucurbitaceae (*Cucurbita pepo* L.) إن وجود الزغب يساعد على حماية الأنواع التكاثرية (الأسدية والمدقات) للأنواع التي تزهر في درجات حرارة منخفضة. لحبوب اللقاح.

الملاحظة المجهرية لحبيبات اللقاح تعطي الشكل البيضاوي لل (Fabaceae) ، مستديرة: Poaceae ومثلث : Rosaceae

حبيبات اللقاح يمكن أن تكون ثلاثية مع اكزين أملس (Rosaceae) ؛ دائرية الشكل ، مع اكزين املس Poaceae) ؛ شكل بيضاوي ، مع اكزين شوكي (Asteraceae) و بالنسبة لعائلة Lamiaceae: حبوب اللقاح لها شكل بيضاوي ، وهي محاطة ، مع اكزين املس. يحدد نمط التشنت عدد حبوب اللقاح المنتجة.

• تنتج الأنواع التي تستخدم الرياح في التأبير عدداً معتبراً من حبوب اللقاح لزيادة فرص الاقحاح (*Phoenix dactylifera* L.) ، *Cucumis sativum* L. ، *Vicia faba* L. ، *Pisum sativum* L.) . انها صغيرة وملساء.

• الأنواع التي تستخدم الحشرات في نقل حبوب اللقاح تنتج القليل من حبوب اللقاح التي تكون لزجة ، أكبر وذات اشواك: أنواع من عائلة Astéraceae (مثال: *Cynara scolymus* L.) .

أخيراً ، أظهرت نتائجنا أن تلوين Alexander ليس الطريقة الأكثر فعالية لتقدير حيوية حبوب اللقاح. فيما يتعلق بالإنبات في المختبر تم الحصول على تقدير فعال للقدرة على الإنبات.

تراوحت معدلات الانبات بعد شهر واحد من حفظ حبوب اللقاح بين 7% و 33%.

الكلمات المفتاحية: ازهار ، تشريح الأزهار ، حبوب اللقاح ، استخلاص ، اختبار الإنبات.

Nom : BOUSMID

Date de setenance : 05/05 / 2019

Prénom : Ahlem

Thème : Biologie florale et diversité pollinique chez certaines Angiospermes d'intérêt économique.

DIPLOME : Doctorat

OPTION : Les bases biologique de la production

### Résumé :

L'étude réalisée au laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques, est menée sur des espèces des familles d'Angiospermes.

Cette étude vise la description de quelques exemples de plantes choisies par rapport à leur intérêt économique. Elle se rapporte particulièrement à l'étude de la morphologie florale et ses principales variations surtout la description des pièces florales et les caractères des grains de pollen ainsi que l'estimation de leur viabilité.

Après collecte des fleurs d'espèces d'intérêt économique, nous avons procédé à leur étude.

Les observations ont porté d'abord sur la morphologie à l'œil nu puis au binoculaire sur les organes reproducteurs et particulièrement sur les grains de pollen.

Les résultats obtenus dégagent une grande variabilité aussi bien au niveau de l'organisation de la fleur du point de vue nombre et couleurs de pièces, nombre, forme et ornementation des grains de pollen que leur viabilité évaluée par la coloration d'Alexander et la germination in vitro.

En effet, le nombre des pièces florales permet de distinguer 3 catégories de plantes : des espèces trimères : Poacées (*Triticum durum* Desf.), des espèces tétramères : Oleacées (*Olea europea* L.) et des espèces pentamères : Rosacées (*Prunus armeniaca* L.).

La couleur des fleurs qui peut s'étaler du blanc (*Prunus cerasus* L.) jusqu'au rouge (*Punica granatum* L.) en passant d'une espèce à une autre ;

Le nombre d'étamines par fleur varie de 1 à l'infini. Il est souvent caractéristique de la famille ou de genre. Lorsqu'il est inférieur à 10 ; Elles sont le plus souvent libres (Rosacées). Elles peuvent être soudées par leurs anthères : Composés et Cucurbitacées (*Cucurbita pepo* L.).

La présence de duvet permet de protéger les organes reproducteurs (étamines et pistils) des espèces qui fleurissent à basses températures.

L'observation microscopique des grains de pollen dégage la forme ovale (Fabacées), ronde : Poacées (*Triticum aestivum* L.) et triangulaire : Rosacées.

Les grains de pollen peuvent être tricolpés avec une exine psilate (Rosacées); de forme ronde, avec exine psilate (Poacées) ; de forme ovale, avec exine chinata (Asteracées) et pour la famille des Lamiacées : les grains de pollen ont une forme ovale, ils sont zonacolpés, avec exine psilate.

Le mode de dispersion conditionne le nombre de grains de pollen produits.

- espèces anémophiles produisent un nombre considérable de grains de pollen pour augmenter leur chance de se reproduire (*Phoenix dactylifera* L., *Cucumis sativum* L., *Vicia faba* L., *Pisum sativum* L.). Ceux-ci sont petits et lisses.
- Les espèces qui utilisent les insectes pour transporter le pollen (espèces entomophiles) produisent moins de grains de pollen qui sont collants, plus gros et avec des épines : les espèces de la famille Asteracées (*Cynara scolymus* L.).

Enfin, nos résultats ont montré que la coloration d'Alexander n'est pas la méthode la plus fiable pour estimer la viabilité du pollen. En ce qui concerne la germination in vitro a permis d'obtenir une estimation fiable de l'aptitude à germer.

Les taux de germination observés après un mois de conservation du pollen varient de 7 % à 33%.

**Mots clés :** fleurs, dissection florale, pollen, extraction, test de germination.

**Laboratoire de recherche :** Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques. Département de Biologie et Ecologie Végétale.

**Devant le jury. Président :**

MERGHEM Rachid. Professeur. U M C 1.

**Président de la thèse :**

BENLARIBI Mostefa. Professeur. U M C 1.

**Examineur :**

BENAZIZA Abdelaziz. Professeur. Université de Biskra.

BOUDOOR Leila. Professeur. U M C 1.

BOULACEL Mouad. Maître de conférences A. U M C 1.