

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي الأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Filière : Sciences Ecologiques

Option : Ecologie végétale et environnement

Thème :

Caractérisation des grains de pollen de quelques plantes mellifères dans la région de Laghouat

Présenté par :

ELABED Fatima

Devant le jury :

Président : M. Zerrouki Med Hocine

MAA

Examinatrice : M. CHAIBI Rachid

Pr

Encadreur : M. ZERROUK Salim

Pr.

Juin 2024

Remerciements

Louange à Dieu tout puissant pour tout ce qu'il m'a donné afin que je puisse terminer ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier mon promoteur Mr ZERROUK Salim pour le temps qu'il a consacré et pour les précieuses informations qu'il m'a prodiguées avec intérêt et compréhension.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Nous tenons à dire toute gratitude à l'ensemble des enseignants du département de Biologie, université de Laghouat, qui ont contribué à notre formation.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin.

Un grand merci à tous.

Sommaire	
Remerciement	
Liste des figures.	
Résumé.	
Introduction	01
Chapitre 1 : Les angiospermes ou les plantes à fleurs	
1-1-Les différents types de plantes	03
A-Les plantes herbacées	03
B- Les plantes ligneuses	04
C- Les plantes annuelles	05
D-La plantes bisannuelles	05
E- Les plantes vivaces	05
1-2-La fleur des angiospermes	06
1-2-1- Le périanthe	06
1-2-2- Les organes reproducteurs	06
Chapitre 2 : Les plantes mellifères	
2-1-Types de la flore mellifère	07
a.La flore mellifère spontanée	07
b.La flore subsponnée	11
c.La flore mellifère cultivée	11
2-Généralité sur les grains de pollens	12
2-1-Définition	12
2-2-Développement et fonction du pollen	12
2-3-La composition du pollen	13
2-4-Dispersion du pollen	14
2-5-Diversité morphologique des grains de pollens	14
2-5-1-Nomenclature des grains de pollen	14
a)-La taille	14
b-Indice (P/E)	16
c-La couleur	16
d-La structure et l'ornementation des pollens	17
e-Système apertures	18
2-6-Pain d'abeille	20
2-7-La conservation du pollen	21
2-8-Conditionnements et stockage de pollen	21

2-9-Valeur thérapeutique du pollen	21
Ressources exploitées par l'abeille mellifère	22
a). Nectar et miellat comme source d'énergie	22
Pollen, indispensable à la vie des abeilles	23
Le contenu de pollens en protéines	23
Autres substances	24
Interaction plantes-pollinisateurs	24
Le transport des grains de pollens	26
Adaptation des fleurs pour attirer les abeilles pollinisatrices	27
Chapitre 3 : Matériels et méthode	
Presentation de la région d'étude	30
Matériels utilisés	31
Au laboratoire	31
2.2Matérielvégétal	31
Méthode d'étude	32
Prise des photos et identification des plantes	32
Échantillonnage du pollen et son examen au laboratoire	32
Chapitre 4 : Résultats et discussion	
Repartition des plantes mellifères en fonction des familles	35
Répartition des plantes mellifères en fonction du degré de domestication	37
Répartition des plantes mellifères en fonction des types morphologique	38
Repartition des plantes mellifères en fonction de la durée de vie	39
Repartition des plantes mellifères en fonction de la couleur des fleurs	40
Répartition les plantes médicinales et les plantes ornementales	41
Taille de pollen	43
Les apertures des pollens	44
Conclusion	46
Références bibliographiques	48
Annexes	54

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Structure générale d'une plante à fleur.	3
02	Taille des plantes ligneuses.	5
03	Coupe schématique d'une fleur complète.	7
04	Répartition des sexes chez les Angiospermes	8
05	Quelques plantes mellifères présentes en Algérie	10
06	Micro gamétogénèses processus de formation du gamétophyte male	13
07	Les composants chimiques du pollen.	13
08	quelques formes de grains de pollens	15
09	La terminologie des grains de pollen	16
10	Organisation d'un grain de pollen bicellulaire	17
11	L'aspect de la surface (ornementation de l'exine)	18
12	Les Principales apertures des grains de pollens	19
13	la pollinisation par les abeilles	25
14	L'autopollinisation(1) et la pollinisation croisée (2).	25
15	Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat.	30
16	Les étapes à suivre (1-5) pour réaliser une préparation microscopique des grains de pollens.	34
17	Répartition des plantes mellifères en fonction des familles.	37
18	Répartition des plantes mellifères en fonction du degré de domestication.	38
19	Répartition des plantes mellifères en fonction des types morphologique.	39
20	Répartition des plantes mellifères en fonction de la durée de vie.	40
21	Répartition des plantes mellifères en fonction de la couleur des fleurs.	41
22	Répartition des plantes médicinales et ornementales.	42
23	Taille des grains de pollens des plantes inventoriées	44
24	Les apertures des pollens étudiés	45

Résumé

Afin de reconnaître les principales espèces mellifères de la ville de Laghouat, nous avons effectué des enquêtes sur différents sites pendant les mois de Mars, Avril et Mai 2024. Lors de cet inventaire, on a recensé 67 espèces appartenant à 33 familles botaniques, dont 45 espèces de plantes herbacées, 12 espèces d'arbustes, 9 espèces d'arbres et une seule espèce d'arbrisseau. Les familles les plus représentées sont les Asteraceae et les Fabaceae. Dans cette étude les plantes vivaces sont les plus représentées avec un pourcentage de 74.63 %. Les plantes à fleurs jaune sont les plus représenté avec 24 espèces soit 35,82%. Les plantes médicinales sont les plus abondantes que les autres types, avec un pourcentage de 50,75 %. La majorité des grains de pollen ont des triples ouvertures avec un pourcentage qui dépasse 92 %. La taille de pollen varie de petite ($\leq 20 \mu\text{m}$), moyenne ($20 - 50 \mu\text{m}$), grandes tailles ($51 - 80 \mu\text{m}$) et de très grandes tailles ($> 80 \mu\text{m}$).

Mots clés: Plantes mellifères, Pollens, Miel, Abeille, Laghouat

المخلص:

من أجل التعرف على أهم الأنواع النباتية العسلية الرئيسية في مدينة الأغواط قمنا بإجراء مسوحات في مواقع مختلفة خلال أشهر مارس وأبريل ومايو 2024. خلال هذا الجرد، حددنا 67 نوعا تنتمي إلى 33 عائلة نباتية، منها 45 نوعا عبارة عن نباتات عشبية، 12 نوعاً من الشجيرات، 9 أنواع من الأشجار ونوع واحد من الشجيرات الصغيرة. العائلات الأكثر تمثيلاً هي العائلة النجمية والعائلة الباقولية. في هذه الدراسة تعتبر النباتات المعمرة هي الأكثر تمثيلاً بنسبة 74.63%. النباتات ذات الزهور الصفراء هي الأكثر تمثيلاً بـ 24 نوعاً أو 35.82%. تعد النباتات الطبية هي الأكثر وفرة من الأنواع الأخرى بنسبة 50.75%. تمتلك غالبية حبوب اللقاح فتحات ثلاثية بنسبة تزيد عن 92%. يختلف حجم حبوب اللقاح بين الصغيرة (≥ 20 ميكرومتر)، والمتوسطة (20-50 ميكرومتر)، والأحجام الكبيرة (51-80 ميكرومتر) والأحجام الكبيرة جداً (< 80 ميكرومتر).

الكلمات المفتاحية: النباتات العسلية، حبوب اللقاح، العسل، النحل، الأغواط.

Abstract :

In order to recognize the main melliferous plants species in the city of Laghouat, we carried out surveys on different sites during the months of March, April and May 2024. During this inventory, we identified 67 species belonging to 33 botanical families, including 45 species of herbaceous plants, 12 species of shrubs, 9 species of trees and a single species of small shrubs. The most represented families are Asteraceae and Fabaceae. In this study perennial plants are the most represented with a percentage of 74.63%. Plants with yellow flowers are the most represented with 24 species or 35.82%. Medicinal plants are the most abundant than other types, with a percentage of 50.75%. The majority of pollen grains have three apertures with a percentage exceeding 92%. Pollen size varies from small ($\leq 20 \mu\text{m}$), medium ($20 - 50 \mu\text{m}$), large sizes ($51 - 80 \mu\text{m}$) and very large sizes ($> 80 \mu\text{m}$).

Keywords: Melliferous plants, Pollen, Honey, Bee, Laghouat

Introduction générale

Les plantes mellifères sont des espèces végétales d'où l'abeille prélève des substances, notamment le nectar, le pollen et la résine pour se nourrir et pour élaborer ses productions diverses. Il est bien connu que les produits de la ruche reflètent en quantité et en qualité la nature des plantes butinées. L'étude des plantes mellifères apparaît ainsi d'un grand intérêt. Cette connaissance fournit des bases pour l'évaluation objective de la productivité quantitative et qualitative des abeilles des différentes régions **(Nguemo et al., 2004)**.

L'activité apicole est une pratique exercée depuis la nuit des temps par l'homme à travers la cueillette et plus récemment en élevage. Plusieurs projets de développement ont entrepris des actions visant l'intensification de cette filière au niveau du monde des apiculteurs car c'est une activité rémunératrice pouvant améliorer les conditions d'existence des apiculteurs. C'est également une pratique qui dépend en grande partie de l'utilisation des ressources naturelles dont la bonne gestion et la préservation sont des facteurs importants à prendre en compte pour le développement économique du monde rural et, par conséquent, participe à la lutte contre la pauvreté.

En Algérie, l'apiculture est pratiquée dans de nombreuses régions où la flore mellifère est abondante et variée. Elle est particulièrement répandue dans les zones montagneuses, les plaines intérieures, les vallées des grands oueds et les plaines de la Mitidja. Ainsi, les abeilles en Algérie bénéficient d'une flore mellifère riche, à la fois spontanée et cultivée.

Les abeilles ont besoin des fleurs, et les fleurs ont besoin des abeilles pour survivre et produire des fruits. Les fleurs produisent un nectar sucré pour attirer les abeilles mellifères et répondre à leurs besoins énergétiques. En échange, les abeilles jouent un rôle essentiel dans la pollinisation des fleurs, indispensable à leur reproduction. Une meilleure pollinisation par les abeilles augmente à la fois le rendement quantitatif et qualitatif **(Free, 1970)**.

La présente étude a pour objectifs de contribuer à une meilleure connaissance des plantes mellifères dans la ville de Laghouat, et la caractérisation des espèces végétales butinées par les abeilles (la forme, la taille, la structure et l'ornementation des grains de pollens et le type biologique, degré de domestication ainsi la flore médicinale et ornementales mellifères), dans le cadre de la promotion de l'apiculture et pour une agriculture durable dans la zone d'étude.

Chapitre 1

Les angiospermes

I. -Les angiospermes, ou les plantes à fleur:

(Cette partie est réalisée à partir du Support des travaux pratiques de biologie végétale (Zerrouk, 2018).

Les angiospermes sont des végétaux dont les organes reproducteurs sont condensés en une fleur et dont les graines fécondées sont enfermées dans un fruit (figure 1), à la différence des gymnospermes dont la graine est à nu. Ainsi, les angiospermes sont communément appelées « plantes à fleurs », représentées par un nombre d'espèces compris entre 250 000 et 300 000 selon les estimations, ce qui en fait le groupe de plantes terrestres le plus diversifié.

Seul le Sous-Embranchement des Angiospermes est caractérisé par la présence de fleurs qui après la reproduction se transforment en fruits. La reproduction des autres grands groupes de plantes se fait à partir de spores (Bryophytes et Ptéridophytes) ou d'ovules nues (Préspermaphytes et Gymnospermes) qui après reproduction se transforment en graines nues. Nous ne nous intéresserons donc ici qu'au Sous-Embranchement des Angiospermes.

On distingue habituellement deux classes de plantes à fleurs : les **monocotylédones** et les **dicotylédones**. Ces deux groupes présentent de nombreux caractères distinctifs. La graine des monocotylédones ne possède qu'une seule feuille embryonnaire (cotylédon), contre deux chez les dicotylédones.

Les monocotylédones sont généralement des plantes herbacées, comme les céréales, les tulipes et les orchidées. Quelques espèces sont arborescentes : le palmier, par exemple, n'est pas un arbre, car il ne contient pas de bois, mais sa forme et sa taille lui donnent l'aspect d'un arbre. Plus des trois quarts des plantes à fleurs sont des dicotylédones.

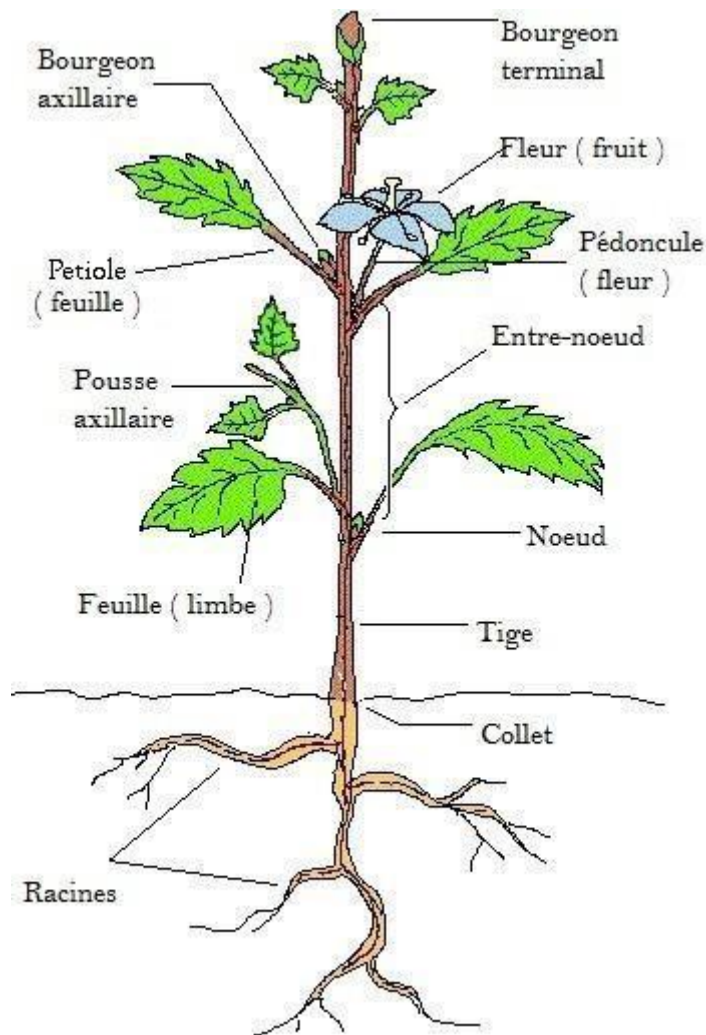


Figure 1: Structure générale d'une plante à fleur.

1-1-Les différents types de plantes :

Il existe différents critères permettant de classer les plantes; suivant leur consistance on distingue les plantes herbacées et les plantes ligneuses. En fonction de leur durée de vie, on distingue les plantes annuelles, bisannuelles et les plantes vivaces.

A- Plantes herbacées :

Celles dont la tige et les branches, ne produisant pas de bois, généralement périssent après quelques mois de végétation.

Sur le plan botanique, les palmiers formant un stipe et non un tronc, sont des plantes herbacées, tout comme les bananiers ou encore les bambous. Ces plantes à grand développement pour certaines espèces restent malgré tout des herbacées.

B- Les plantes ligneuses :

Une plante ligneuse est une plante qui fabrique en grande quantité des lignines, macromolécules organiques donnant à la plante sa solidité, et dont le bois est le principal matériau de structure : en effet, les lignines sont avec la cellulose les constituants essentiels du bois (aussi appelé xylème secondaire)

Les plantes ligneuses sont classées selon leur taille et leur ramification (figure 2).

- **Arbre** : est une plante ligneuse capable de se développer en hauteur grâce à une structure formant un tronc qui se ramifie pour former des branches et des rameaux (**ramifications ultimes**).
- **Arbuste** : est une plante ligneuse d'une taille inférieure à 8 m et à tronc marqué.
- **Arbrisseau** : est souvent considéré comme synonyme d'arbuste, mais il s'en distingue par l'absence de tronc. La ramification se fait dès la base.
- **Sous-arbrisseau** : est une plante constituée d'une base ligneuse surmontée de rameaux herbacés qui dépérissent chaque année et ne dépassant habituellement pas les 50 cm.

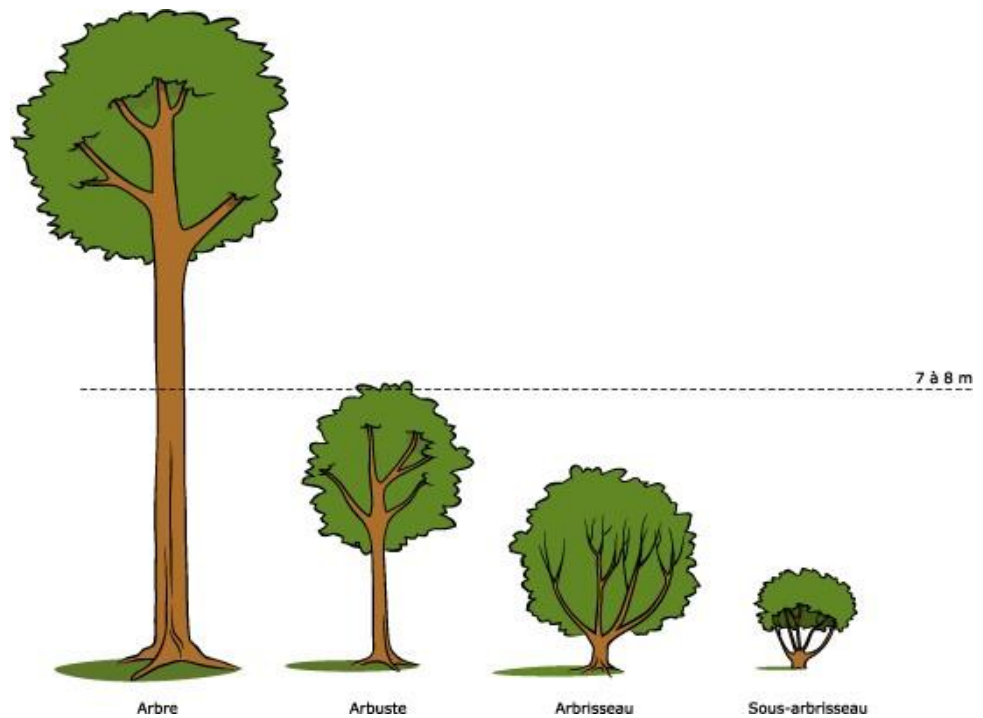


Figure 2: Taille des plantes ligneuses.

C- Les plantes annuelles

Les plantes annuelles meurent à la fin de la saison et disparaissent complètement à l'exception des graines. Celles-ci germeront, le plus souvent, à la saison suivante ou bien, si les conditions seront peu favorables, resteront en dormance jusqu'à ce que les conditions redeviennent propices à la croissance de la plante.

D-Les plantes bisannuelles

Sont des plantes chez lesquelles la floraison intervient à la fin de la deuxième année. La première année est consacrée au développement végétatif de la plante et au stockage de réserves. Grâce à ces réserves, la plante va fleurir et produire des graines, à la suite de quoi, elle meure.

E- Les plantes vivaces

Les plantes vivaces ou pérennes sont des plantes chez lesquelles la durée de vie est de plusieurs années, la floraison et la production de graines n'entraînent pas nécessairement la

mort de la plante. On pourra observer plusieurs cycles de végétation complets.

1-2-La fleur des angiospermes :

La fleur est l'organe caractéristique des plantes à fleurs. Elle résulte de la spécialisation d'un rameau feuillé dans la fonction de reproduction de la plante.

Classiquement, la fleur d'angiosperme est constituée d'un ensemble de **pièces florales** (figure 3) fixées sur l'extrémité élargie ou **réceptacle** floral, d'un axe nommé **pédicelle** floral. Le pédicelle floral est lui-même inséré sur une tige à l'aisselle d'une feuille modifiée (plus petite et plus coriace que les feuilles normales) appelée **bractée** (figure 3).

La fleur type d'angiosperme est de quatre verticilles ou groupes de pièces florales rangées en cercle autour d'un axe. Ces quatre verticilles sont scindés en deux catégories :

1-2-1- Le périanthe : Ensemble de pièces stériles, ou enveloppe florale, composé de deux verticilles (figure 3):

a)- **Le calice**, formé par l'ensemble des **sépales**, pièces souvent verdâtres d'aspect foliacé, situé à la base de la fleur ;

b)- **La corolle**, formée par l'ensemble des **pétales** souvent vivement colorés. Les pétales sont situés au-dessus des sépales.

1-2-2- Les organes reproducteurs : ou pièces fertiles directement impliqués dans la reproduction et composés également de deux verticilles (figure3):

c)- **L'androcée**, organe reproducteur mâle de la plante, formé par l'ensemble des **étamines** disposées en spirales ou en verticilles sur le réceptacle. Chaque étamine est elle-même subdivisée en un filet et une anthère libérant le pollen à maturité. L'anthère est constituée de deux thèques comportant chacune deux loges polliniques où est enfermé le pollen ;

d)- **le gynécée** ou pistil, organe reproducteur femelle de la plante, formé par un ou plusieurs **carpelles**. Chaque carpelle est composé :

- d'une partie renflée et creuse (**l'ovaire**) renfermant l'(les) **ovule** (s) ;
- d'un **style** prolongeant l'ovaire ;
- d'un **stigmate** coiffant le style et permettant de retenir le pollen.

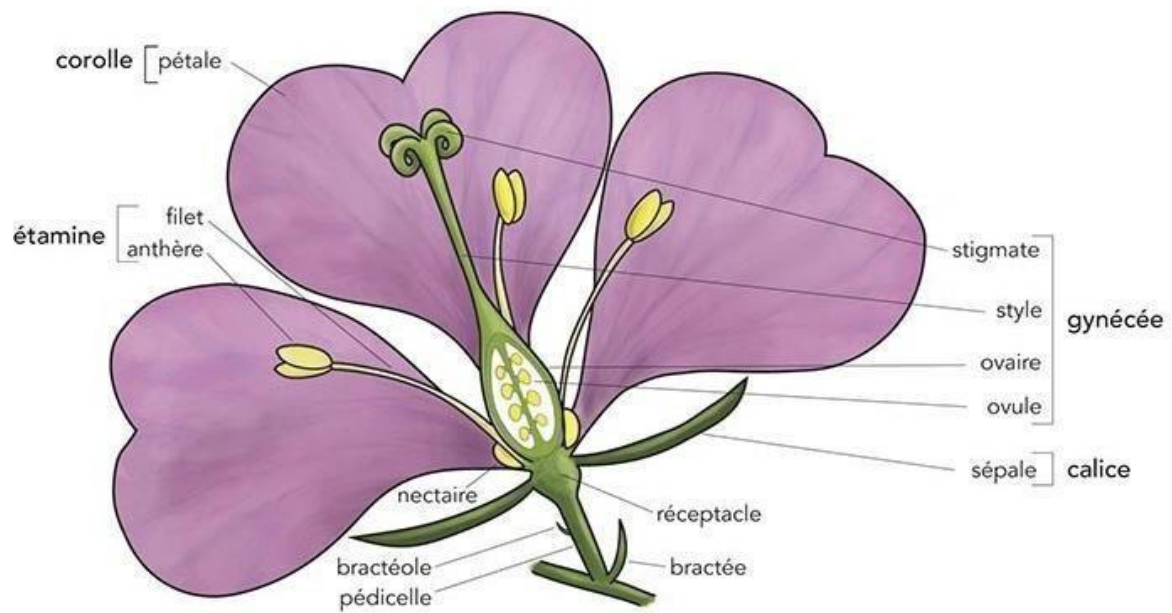


Figure 3: Coupe schématique d'une fleur complète.

La structure de la fleur présente une grande diversité. Par exemple, le lieu d'insertion des pièces florales permet de distinguer :

- La fleur **complète** ; si elle est composée des quatre types de pièces: sépales, pétales, étamines et carpelles. Une fleur chez laquelle manque au moins l'une de ces pièces florales est dite **incomplète**.
- La fleur **unisexe** ne possédant que l'androcée, (il s'agit alors d'une **fleur staminée** appelée aussi **fleur mâle**), ou le gynécée (**fleur pistillée** ou **fleur femelle**).
- La fleur **hermaphrodite**; possédant à la fois l'androcée et le gynécée (figure 4a);
- Une plante est **monoïque** quand elle ne produit que des fleurs unisexuées mais chaque individu porte à la fois des fleurs mâles et femelles (figure 4b). C'est le cas du noisetier, du bouleau, de l'aulne, du maïs et du ricin. Une plante est **dioïque**, si chaque individu ne porte que des fleurs mâles ou des fleurs femelles (figure 4c) comme le palmier dattier.

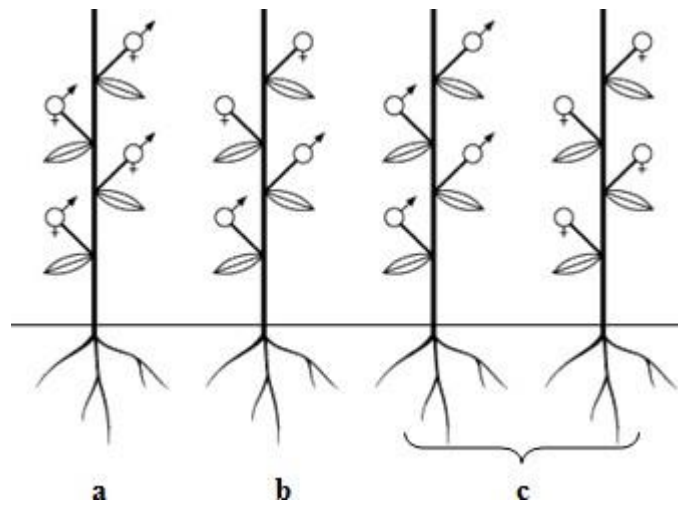


Figure 4: Répartition des sexes chez les Angiospermes : **a.** plante à fleurs hermaphrodites
b. plante monoïque - **c.** plantes dioïques.

Chapitre 2

Les plantes mellifères

II. 1-Plantes mellifères :

La désignation de plante mellifère est attribuée à toutes les plantes qui produisent le nectar ou permettent la fabrication du miellat. Nectar et miellat étant ensuite récoltés par les butineuses puis transformés en miel. Par extension, le terme désigne également les plantes utiles aux abeilles et exploitables en apiculture, c'est-à-dire, les plantes qui fournissent aussi le pollen et la propolis (**Marchenay et Berard, 2007**). Selon **Louveaux (1980)**, les plantes mellifères les plus importantes sont celles qui ont une productivité nectarifère élevée et régulière, qui existe en vastes peuplements et qui donnent un miel de très bonne qualité.

Selon **Rabiet (1984)**, les plantes mellifères sont classées en fonction de leurs valeurs apicoles en trois catégories :

- **Les plantes mixtes** : celles sur lesquelles les abeilles butinent nectar et pollen à la fois, c'est le cas de la majorité des arbres fruitiers (Abricotier, Pommier, Poirier, Prunier).
- **Les plantes nectarifères** : celles qui produisent du nectar grâce à des organes spéciaux, les nectaires.
- **Les plantes pollinifères** : Ce sont les plantes sur lesquelles les abeilles butinent uniquement du pollen comme par exemples coquelicots (*Papaver rhoes*), l'olivier (*Olea europea*), hélianthèmes.

La figure 5 : montre quelques plantes mellifères trouvées en Algérie.

II. 1-1-Types de la flore mellifère :

L'Algérie est réputée pour sa flore riche et diversifiée résultant des cinq étages bioclimatiques (humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien) et compte plus de 3.139 espèces végétales (**Quezel et Santa, 1962**).

a. La flore mellifère spontanée :

De nombreuses études scientifiques ont été réalisées sur les plantes mellifères algériennes. Toutefois il est à noter qu'aucun inventaire de la flore mellifère n'a été entrepris au niveau national. Parmi les espèces mellifères algériennes les plus abondantes, il y a celles qui forment la flore spontanée (**Berkani, 2007**).



La lavande



Le romarin



Le thym



La bourrache



La luzerne



Les agrumes



Le jujubier



l'eucalyptus



le figuier de barbarie



L'asphodèles



L'arbousier



Chardon marie



Le grenadier



La carotte sauvage



le fenouil

Figure 5 : Quelques plantes mellifères présentes en Algérie (Homrani, 2020).

Cette flore spontanée est considérée étant comme une source alimentaire importante pour les abeilles (**Louveaux ,1968**). Parmi les très nombreuses espèces végétales qui forment la flore spontanée algérienne, certaines se rencontrent en peuplements importants. Ce sont, en montagne. La bruyère rose (*Erica multiflora* L.), l'arbousier (*Arbustus unedo* L.), la lavande (*Lavandula stoechas* L.), le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.), de nombreuses variétés de thym, de cistes, d'asphodèles, l'astragale (*Astragalus monspessulanus* L.), l'euphorbe (*Euphorbia nicaeensis* Ail.), le marrube vulgaire (*Marrubium vulgare* L.), ces deux dernières particulières au massif de l'Aurès, le thuya (*Callitris articulata*), etc... - Dans les régions prémontagneuses de Grande et Petite Kabylie, deux variétés de sainfoin (*Hedysarum flexuosum* L. et *H. coronarium* L.) couvrent de grandes superficies. Dans les plaines fleurissent l'oxalis (*Oxalis cernua* Th.) (**Hussein ,2000**).

D'après **Mekious (2007)**, dans une étude dans la région de la Mitidja, les abeilles visitent aussi les fleurs de la bourrache (*Borago officinalis*), l'asphodel (*Asphodelus microcarpus*), la vipérine (*Echium plantaginum*) et les chardons (*Carduus tenuiflorus* et *Galactites tomentosa*).

b- La flore subspontanée:

Principalement représentée par l'eucalyptus, importé d'Australie en 1863. La floraison estivale de cette essence, très mellifère, produit un miel d'excellente qualité (**Charles ,1986**).

c- La flore mellifère cultivée :

Les apiculteurs placent leurs ruches dans les endroits où il y a de la végétation, généralement des vergers dont la disponibilité des plantes spontanées et surtout cultivées, et généralement les vergers sont cultivées par espèce ou par famille, et sont principalement qui fournissent de pollen ou du nectar.

- **Les arbres fruitiers :** les rosacées de verger, dont la floraison automnale est précieuse : agrumes : l'oranger, le mandarinier, le clémentinier, le citronnier et d'autres variétés d'agrumes, produisent un miel de très bonne qualité.

- **Les plantes maraichères :** Apiaceae : le Cerfeuil (*Anthriscus cerefolium* L. Hoffm.) et le Cèleri (*Apium graveolens* L.), Brassicaceae : le Navet (*Brassica napus* L.) ; Cucurbitaceae : le coloquinte (*Citrullus colocynthis* L.); Solanaceae : la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (**Hamel et Boulemtafes, 2017**).

II. 2-Généralité sur les grains de pollens (Bahloul 2023)

II. 2-1-Définition :

Le pollen signifie «poussière très fine ou farine de fleur, le terme a d'abord été utilisé par Linnaeus et incorporé en espagnol par Cavanilles » (**Mar trigo et al . ,2008**), ce sont des particules microscopiques à faible diamètre. Dans la première édition de philosophie botanique (**Roland ,2008**) le pollen a été défini comme «une poussière des végétaux, qui jaillit quand elle est humectée par le liquide approprié, et entraîne l'éclosion d'une substance qui n'est pas perceptible à l'œil nu». Sont des conteneurs extraordinairement bien structurés pour transporter les cellules reproductrices des deux groupes principaux de plante : les « angiospermes » (plante à fleurs) et les « gymnospermes » (conifères et plantes apparentées).

La méliissopalynologie, est une discipline qui vise à identifier et à compter au microscope les différents éléments figurés, présents dans les sédiments du miel obtenus par centrifugation principalement les grains de pollen, mais également d'autres éléments tels que les éléments indicateurs de miellat (HE), les levures (indicatrices d'une éventuelle fermentation et de l'état de conservation des miels), de spores fongiques, ainsi que d'autres éléments tel que l'amidon (**Yang, 2014**). Deux types d'analyses sont utilisées dans la méliissopalynologie à savoir : la quantitative et la qualitative (**Homrani , 2020**) .

II. 2-2-Développement et fonction du pollen :

Les grains de pollen généré dans les microsporanges de l'anthere des fleurs résultent de la division méiotique des cellules sporogones ($2n$), cette dernière se multiplie à un groupe de noyaux microspores (n), ces noyaux à la maturation sont soumis à la mitose pour donner deux noyaux une portale et l'autre génératif, parfois les microspores interrompues cela contribue à la formation des grains de pollen soit diades, des tétrades ou des polyades. La fonction principale du pollen transfère le gamétophyte mâle à la partie femelle de la fleur comme le montre la (**figure 6**) (**Roland et al . , 2008**).

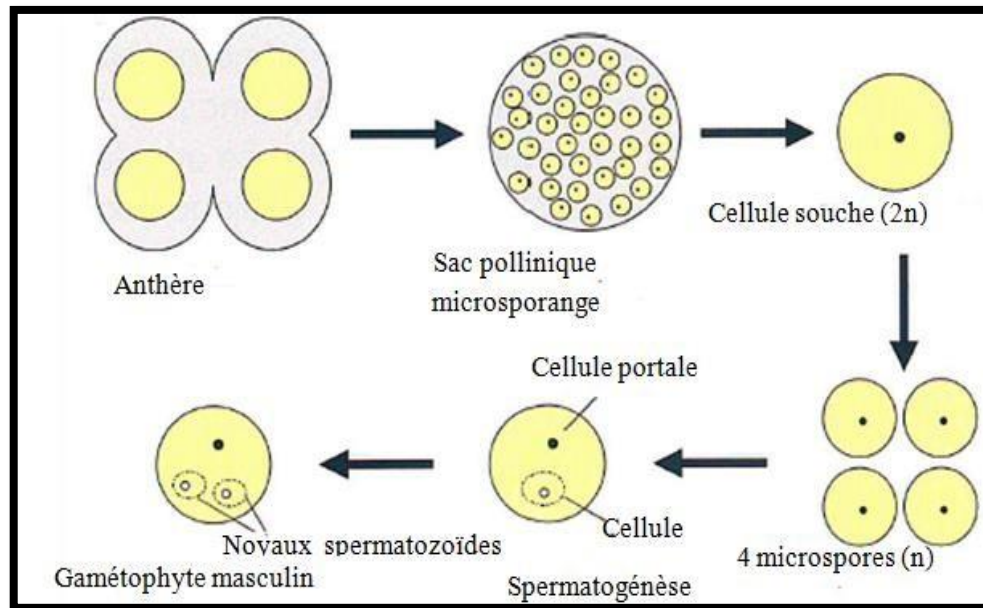


Figure 6. Micro gamétogenèses processus de formation du gamétophyte male
(Mar trigo et al ., 2008).

II. 2-3-La composition du pollen

Le pollen est un excellent complément alimentaire aussi bien pour l'abeille que pour l'homme grâce à sa diverse composition chimique. Les principaux constituants peuvent différer de manière plus ou moins importante selon les espèces, les saisons et les années et le lieu de culture.

Le graphe de la (**figure 7**) indique la composition chimique globale du pollen (Clément, 2015).

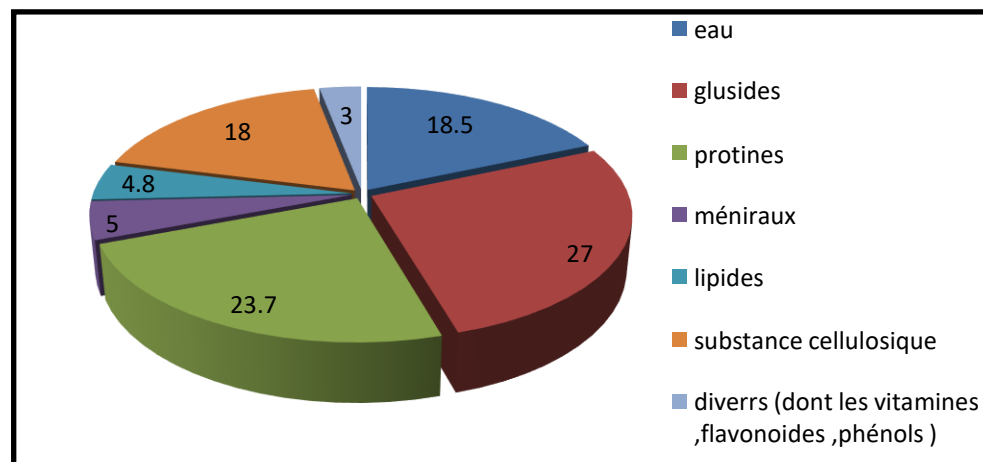


Figure 7 : Les composants chimiques du pollen.

II. 2-4-Dispersion du pollen

Selon les espèces de plantes, plusieurs moyens de transport assurent la dispersion des grains de pollen, on note:

a). Le vent : assure la dispersion du pollen des **plantes anémophiles** qui se caractérisent par des fleurs discrètes et production massive de pollen à faible taille. Les gymnospermes dans leur totalité sont anémophiles (**Ketfi, 2016**).

b). Les insectes : les abeilles sont parmi les insectes zoophiles les plus populaires qui transfèrent le pollen des **plantes entomophile** d'une fleur à une autre. Elles sont attirées par la fleur avec sa couleur, son parfum et son sucre de nectar (**Simenel et al. ,2015**).

c)-. L'eau : qui assure le transport des grains de pollen des plantes aquatiques (**plantes hydrophiles**).

d)-. D'autres animaux notamment les oiseaux et même l'homme : peuvent être des agents de transport (**Chahat, 2018**).

Grace à ces moyens, la pollinisation se fait parfaitement et s'effectue soit à longues ou à courte distance.

II. 2-5-Diversité morphologique des grains de pollens

L'identification des grains de pollen repose sur leur examen microscopique, en utilisant soit un microscope à balayage électronique soit un microscope optique (**figure 8**).

II. 2-5-1-Nomenclature des grains de pollen :

Pour une bonne identification de grain de pollen, il est nécessaire de cerner correctement les cinq concepts suivants :

a)-La taille :

La taille change d'une espèce à l'autre, variée entre un diamètre de 5 μm jusqu'à 200 et 250 μm , les plus gros se rencontrent chez les gymnospermes et quelques angiospermes (**Mar trigo et al, 2008**).

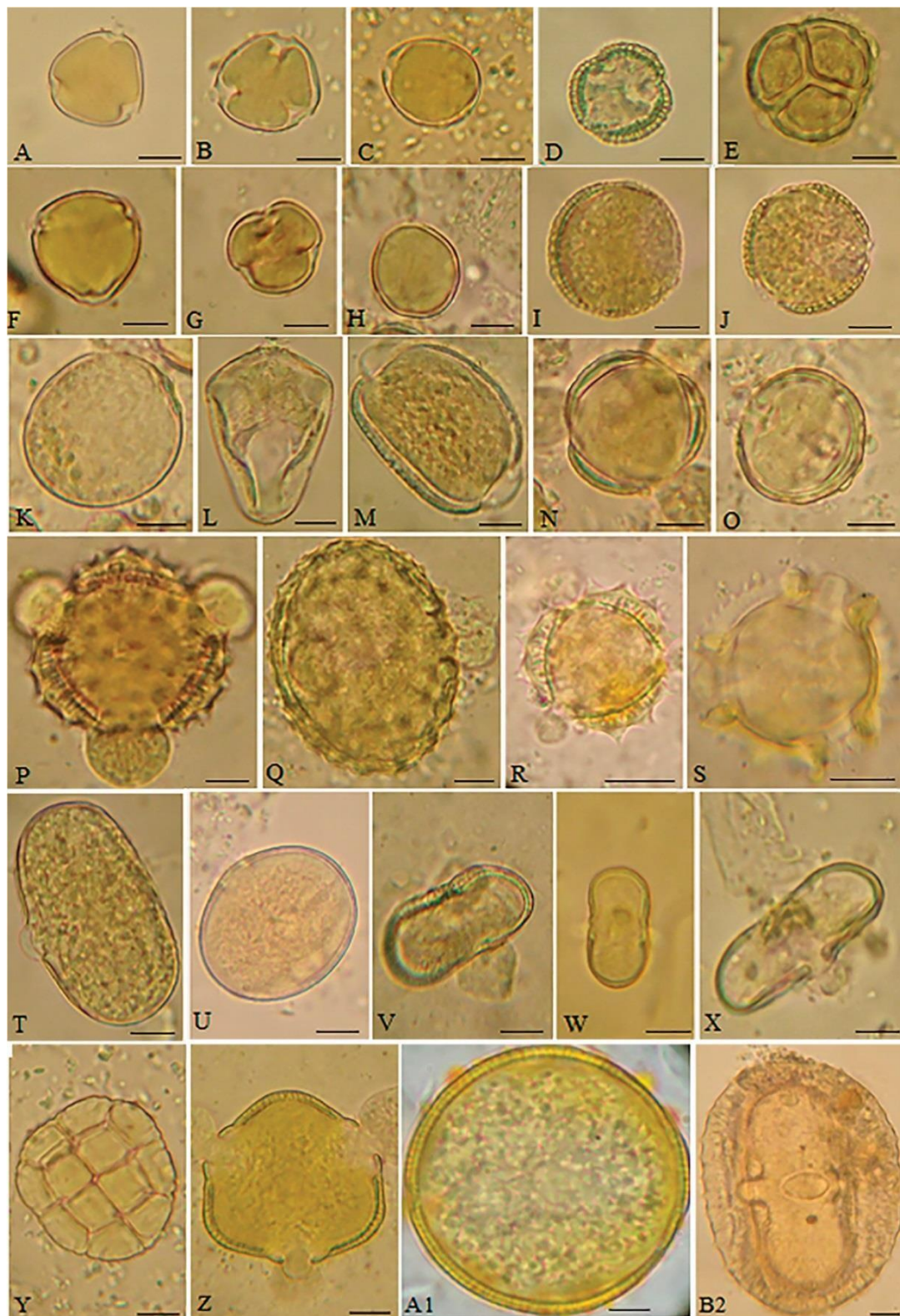


Figure 8 : quelques formes de grains de pollens (Zerrouk et al. 2021)

A–C. *Ziziphus lotus*. D. *Olea europaea*. E. *Erica arborea*. F–H. *Peganum harmala*. I, J. *Brassica napus*. K. Poaceae. L. *Carex*. M. *Muscari comosum*. N, O. *Centaurea*. P. *Onopordum*. Q. *Carthamus*. R. *Matricaria*. S. *Taraxacum*. T. *Vicia*. U. *Trifolium*. V. *Daucus carota*. W. *Pimpinella anisum*. X. *Eryngium*. Y. *Acacia*. Z. *Euphorbia*. A1. *Cistus*. B2. *Echinops spinosus*. Barres d'échelle – 10 µm.

b-Indice (P/E) :

La morphologie du grain de pollen dépend sur le rapport **(P/E)** existant entre la longueur de l'axe polaire P et dimension de l'axe équatorial E, (Figure 8) (**Ketfi, 2016**)

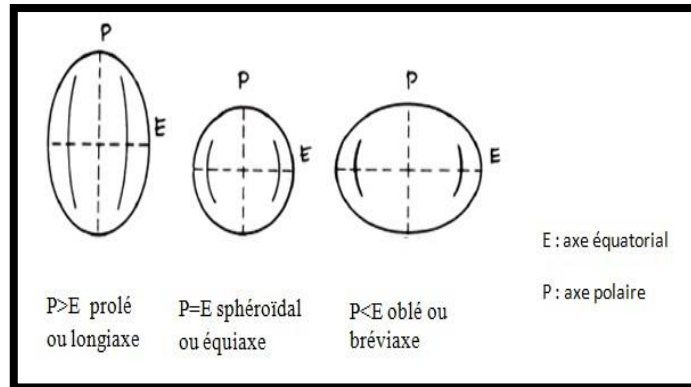


figure 9 :La terminologie des grains de pollen (**Chahat, 2018**)

c-La couleur :

Le pollen peut avoir une couleur différente suivant les espèces de plantes. Ces couleurs varient du jaune, orange et même rouge sang ou violet jusqu'aux verts ou même très sombres, presque noirs (**Somme et al., 2013**).

- Jaune dans les plantes d'Acacia, de saule, de lis, d'érable, de noyer, de moutarde.
- Rouge ou rougeâtre pour le marronnier d'inde, le groseillier, la courge, le cerisier, le crocus.
- Noir pour le pavot (*papaver somnifère*).
- Blanc rouge pour le trèfle blanc (*Trifolium*).
- Rouge pourpre pour le peuplier (*Populus*).
- Vert pale pour le poirier (*Pirus*) et le pommier (*Malus*).
- Violet pour la rose trémière et la guimauve (*Althaea, Malvaceae*).
- Cendre pour l'oranger (*Citrus*) et le tilleul (*Tilia*).
- Le pollen peut avoir aussi d'autres couleurs : brune ou bleue pour le lupin, blanche pour le bleuet (*Centaurea cyanus*), le lierre (*Hedera helix*), le myrte (*Myrtus*), le blé (*Triticum*) (**Aici et Tahar , 2017**).

d-La structure et l'ornementation des pollens :

Le grain de pollen est constitué d'une cellule végétative volumineuse dont la paroi est composée de deux enveloppes, l'intine et l'exine (**figure 10**).

- **L'intine** : couche interne mince et composée de cellulose et des molécules pectiques. Elle s'épaissit au niveau des apertures. Cette enveloppe est synthétisée par la tétraspore (**Richard et al., 2012**).

- **L'exine** : couche externe plus épaisse et complexe, constituée d'une substance caractéristique, la sporopollénine (polymérisation oxydative de caroténoïdes et d'esters de caroténoïdes) et porte des glycoprotéines qui interviennent dans les processus de compatibilité lors de la germination du pollen (**Alhamidi, 2017**). L'exine est subdivisée en deux sous-couches : l'endexine, homogène et continue et l'ectexine, très ornementée. (Figure 10).

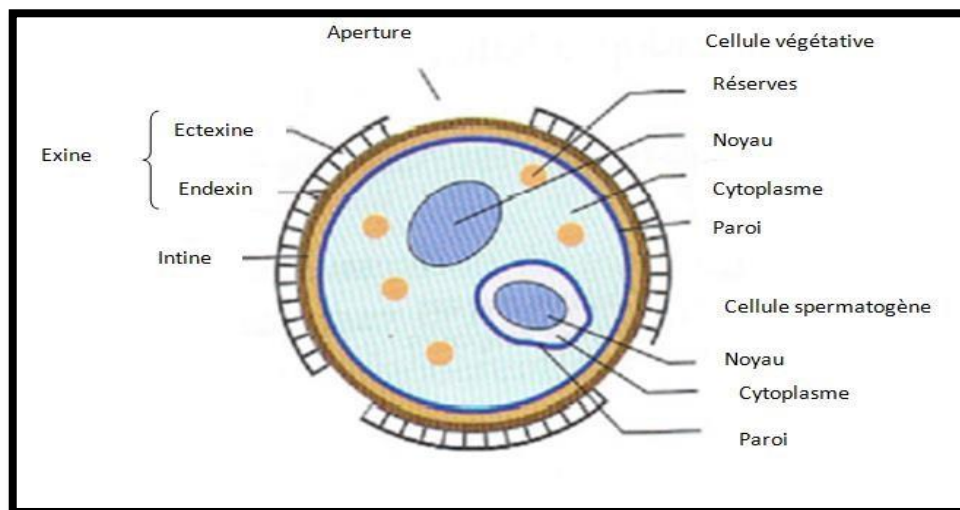


figure 10 : Organisation d'un grain de pollen bicellulaire (**Alhamidi, 2017**).

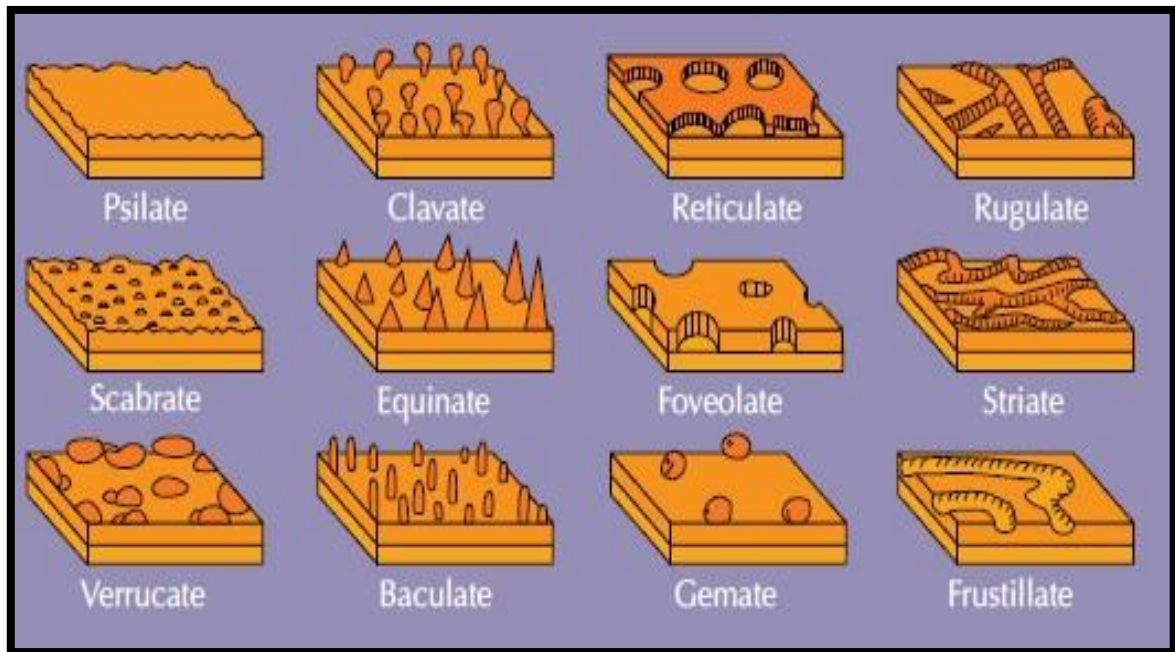


Figure 11 : L'aspect de la surface (ornementation de l'exine) (Da et al ., 2020).

e-Système apertures:

Les apertures, appelées aussi les pores ou les sillons, ce sont des ouvertures de forme et de nombre variables, à travers lesquelles le tube pollinique sortira et allongera lors de la germination de grain du pollen comme le montre la (**figure 13**) (Laouar, 2017).

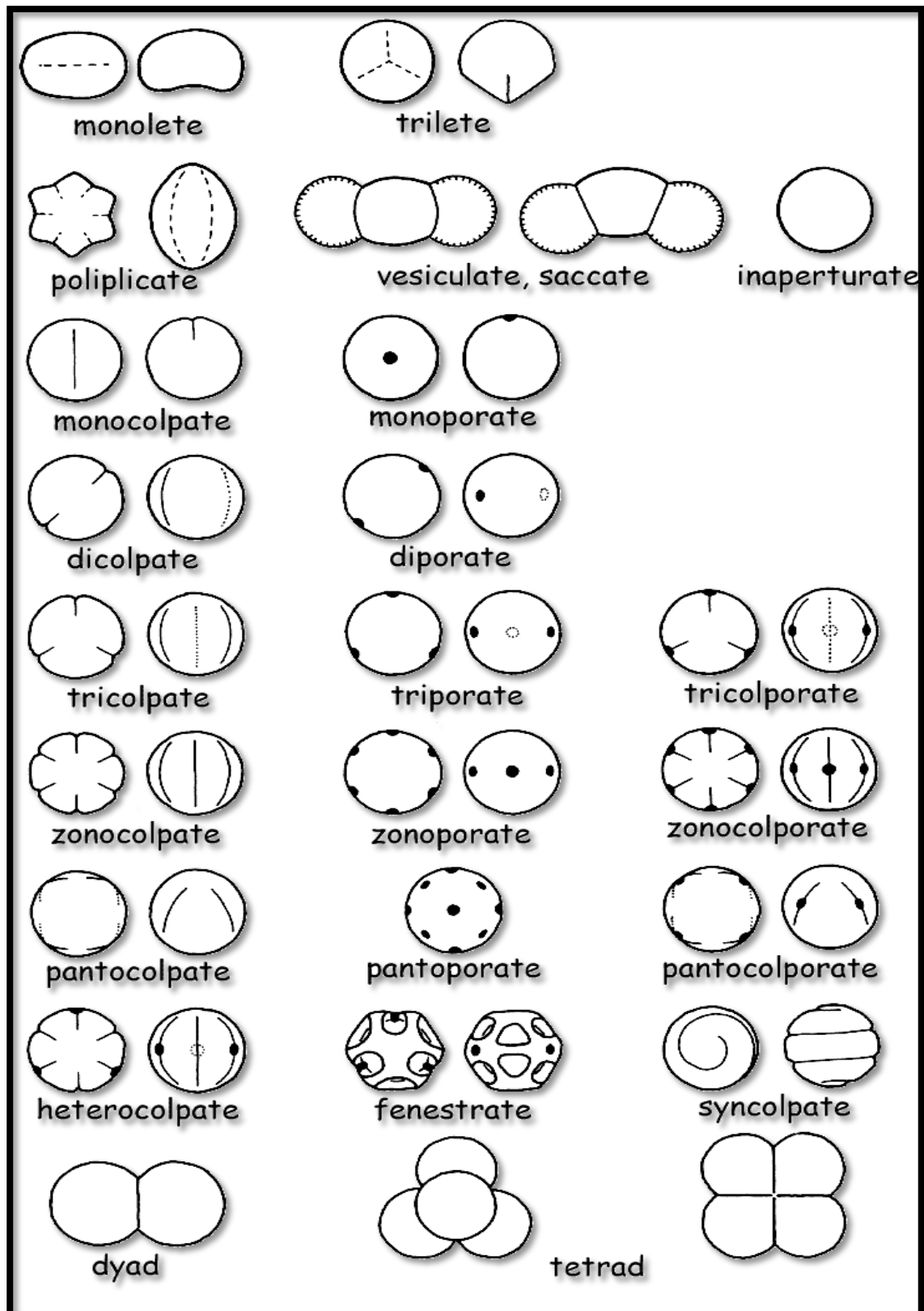


figure 12 : Les Principales apertures des grains de pollens (Lang, 1994)

La classification des grains de pollen se fait selon la présence ou l'absence de pores ou (et) de sillons :

- Pores (ouverture circulaire) dit Pores
- Sillons (ouvertures très allongées) appelle Colpés
- Pores et sillons peuvent coexister = pollens Colporés.
- Sans ouverture (ni pore, ni sillon) = Inaperturés ; dans ce cas, il existe une partie de l'exine qui est fine et mince permettant la sortie du tube pollinique, on parle donc de zone Germinale, comme chez le genre *Pinus* (Laouar, 2017).

II. 2-6-Pain d'abeille :

Le processus de transformation du pollen en pain d'abeille commence après que les abeilles l'ont stocké dans des cellules en peigne. À 38°C, le pollen est fermenté sous l'action de certains micro-organismes, qui appartiennent aux genres *Pseudomonas* et *Lactobacillus* et des levures (Thibault ,2017).

En raison du développement de ces trois micro-organismes, la conversion du pollen en pain d'abeille s'effectue en trois étapes:

- La première étape n'est pas un processus de fermentation elle implique plutôt le développement de *Pseudomonas*, qui consomme tout l'oxygène disponible comme toutes les bactéries aérobies, et fini par se détruire par auto-asphyxie à la fin de processus,
- La deuxième étape est une fermentation en l'absence d'oxygène.Elle permet le développement des bactéries lactiques, en cas d'hypoxie, en produisant de l'acide lactique, en utilisant les glucides comme énergie,
- Dans la troisième étape, la levure reprend l'activité et utilise le pollen dans le processus de conversion au cours de son métabolisme glucides restants.

C'est cette dernière étape qui achève le processus de fermentation du pain d'abeille. Bien que la fermentation fait perdre au pollen sa capacité à germer elle le transforme en un produit à haute valeur nutritionnelle, très assimilable par les abeilles et l'homme (Trachi et al . , 2011).

II. 2-7-La conservation du pollen

Le pollen frais récolté par les abeilles contient environ 20 à 30 grammes d'eau pour 100 grammes de pollen (**Campos et al. , 2015**). Cette humidité est un milieu idéal pour le développement des bactéries et des levures (**Szczesna et al. ,1999**).

De ce fait la protection de la qualité du pollen est une obligation. Pour cela deux méthodes de conservation au frais sont utilisées à savoir : le séchage et la lyophilisation.

a)-Séchage du pollen :

Afin d'obtenir une meilleure qualité de produit, le séchage est généralement effectué à une température comprise entre 40 et 42°C dans un four électrique avec une humidité ne dépassant pas 6% (**Campos et al.,2015**), car au-delà de ce seuil, le pollen peut se fermenter pendant le stockage. Le temps de séchage doit être le plus court possible pour éviter la perte de composants volatils (**Bogdanov, 2004**).

b)-Lyophilisation du pollen :

Une fois lyophilisé, le pollen doit être stocké sous azote pur à (-20°C) pour maintenir sa haute qualité biologique jusqu'à 6 mois (**Campos et al.,2015**).

II. 2-8-Conditionnements et stockage de pollen :

Le pollen pur doit être conditionné dans un emballage pouvant bien protéger le produit de divers facteurs externes tels que l'humidité atmosphérique (**Campos et al ., 2015**). Il est recommandé d'utiliser des récipients en verre ou en plastique (**Bogdanov, 2004**), à condition qu'il soit stocké dans une pièce fraîche, sèche et sombre, et que le taux d'humidité du pollen séché soit compris entre 4% et 8%. Le pollen peut être conservé pendant deux ans dans les conditions appropriées citées auparavant (**Campos et al ., 2015**).

II. 2-9-Valeur thérapeutique du pollen :

Le pollen est caractérisé par une capacité antioxydante élevée (**Pascoal ,2014**), qui est principalement lié aux différents composés phénoliques qu'il contient, tels que la flavine, l'acide phénolique et d'autres antioxydants, tels que les caroténoïdes et certaines Vitamines (B, C et E).

En plus des substances phénoliques, des vitamines, les phospholipides et l'acide glutamique dans le pollen font que le produit ait un effet sur le processus de vieillissement du corps, qui est généralement à l'origine des pertes de mémoire. (Toullec, 2008).

Le pollen est l'aliment le plus riche en sélénium, cet oligo-élément peut renforcer le système immunitaire, prévenir le cancer, les maladies cardiovasculaires et les maladies inflammatoires et détoxifier les métaux lourds dans l'organisme (Nicolay, 2015).

De par sa valeur en provitamine A et en rutine, le pollen peut être utilisé pour traiter certaines rétinopathies et lutter contre la fatigue oculaire (Toullec, 2008).

Le pollen est également un antibiotique, antinéoplasique et anti diarrhéique, et il a également un effet digestif. Il régule le fonctionnement des intestins et fait monter rapidement le taux d'hémoglobine dans le sang, car il restaure aussi rapidement le poids et la force des survivants (Nicolay, 2015).

La capacité antifongique du pollen varie selon les espèces végétales (Ozcan et al., 2004), et son activité antibactérienne est liée à sa teneur en glucose oxydase (Nicolay, 2015).

II. 3-Ressources exploitées par l'abeille mellifère

a). Nectar et miellat comme source d'énergie :

Le nectar est la principale source utilisée par les abeilles pour produire du miel. La colonie a besoin d'environ 80 kg de miel par an en milieu tempéré (Winston 1991) à 180 kg dans les milieux tropicaux. La consommation journalière d'une abeille adulte est de 4 mg de sucres au minimum pour survivre (Hrassnigg and Crailsheim 2005), mais la quantité optimum pour fournir toute l'ATP nécessaire aux tâches journalières est de 11 mg de matière sèche de sucre par jour. De même, Mao et al. (2013) ont déterminé que le miel pouvait contenir certaines substances telles que l'acide p-coumarique qui favorise l'immunocompétence des individus adultes (Alaux et al. 2010).

II.4-Pollen, indispensable à la vie des abeilles :

Le pollen est la seule source naturelle de protéines pour les abeilles mellifères (**Schmickl and Crailsheim 2001**). Une colonie peut collecter jusqu'à 26 kg de pollen par an (**Seeley, 2014**).

Contrairement au miel, très peu de pollen est stocké dans la colonie (**Schmickl and Crailsheim 2002**). Le pollen est utilisé par les abeilles mélangé au nectar ou au miel et à des sécrétions glandulaires régurgitées pour produire du « bee bread » ou gelées des ouvrières, notamment pour nourrir les larves ouvrières (**Ellis and Hayes 2009**). Ce mélange possède une valeur nutritive supérieure à celle du pollen fraîchement récolté avec un contenu en protéines plus élevé que la gelée royale (**Cremonz et al. 1998**).

II. 5-Le contenu de pollens en protéines

La viabilité des grains de pollen et le contenu en protéines varient beaucoup en fonction des espèces de plantes butinées et des régions, de 2,5 à 61% de la masse sèche (**de Arruda et al. 2013**). En raison de ces variations et des besoins de la colonie, les butineuses peuvent collecter du pollen de différentes sources florales et avoir des préférences pour certains pollens (**Steffan-Dewenter and Kuhn 2003**).

De manière générale, les abeilles mellifères ont besoin d'ingérer une dizaine d'acides aminés essentiels à leur alimentation, dont la leucine, l'isoleucine, la valine et la proline (**Cook et al. 2003**). Une ouvrière consomme en moyenne 3,4 à 4,3 mg de pollen par jour, avec un pic de consommation au stade nourrice. Grâce au pollen, elles sont aussi capables de stocker de grandes concentrations de lipoprotéine ou vitellogénine dans l'hémolymphe qui leur permet de survivre plusieurs jours uniquement sur les réserves de glucides fournies par le nectar. La vitellogénine est impliquée dans le déclenchement de l'activité de butinage, la longévité et l'hivernage des ouvrières (**Amdam and Omholt 2003**).

L'ingestion de pollen est nécessaire chez les jeunes adultes pour la maturation des muscles de vol (**Micheu et al. 2000**), pour le développement des ovaires notamment pour le développement des glandes hypopharyngiennes. Chez les nourrices, celles-ci sont développées et elles possèdent l'équipement enzymatique nécessaire à la transformation des protéines dérivées du pollen en une nourriture de haute qualité pour les larves, leur permettant une croissance rapide.

Pour élever une larve, 25 à 37,5 mg de protéines (ou 125 à 187,5 mg de pollen) sont nécessaires (**Hrassnigg and Crailsheim 2005**).

II. 6-Autres substances

Cependant, d'autres substances sont nécessaires à l'entretien de la colonie tel que l'eau, pour la régulation de la température interne de la ruche et pour la préparation de la nourriture des larves, et la résine d'arbre qui est mélangée à la cire produite par les ouvrières pour produire la propolis utilisée pour la construction de la ruche (**Seeley 2014**).

II. 7-Interaction plantes-pollinisateurs

La pollinisation, c'est-à-dire le transfert du pollen des étamines aux stigmates, constitue une étape indispensable à la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Chez les espèces entomophiles, ce sont les insectes qui assurent ce service de pollinisation. Les cultures entomophiles représentent 80% des espèces cultivées en Europe et elles contribuent directement pour plus du tiers de notre alimentation en tonnage à l'échelle de la planète (**Vaissiere, 2011**). Néanmoins ce n'est que récemment que la faune pollinisatrice a été reconnue au plus haut niveau comme un facteur de production à part entière pour assurer le rendement et la qualité des productions des cultures entomophiles

Le fonctionnement et la diversification de ces écosystèmes, naturels ou non, ne peuvent se faire sans l'interaction plante-pollinisateur. Cette interaction conduit à la reproduction des plantes, dont les Angiospermes, qui sont majoritaires dans les écosystèmes mondiale. Cette reproduction se traduit par le transport des grains de pollen depuis les étamines jusqu'au stigmate du pistil (**figure 14**).

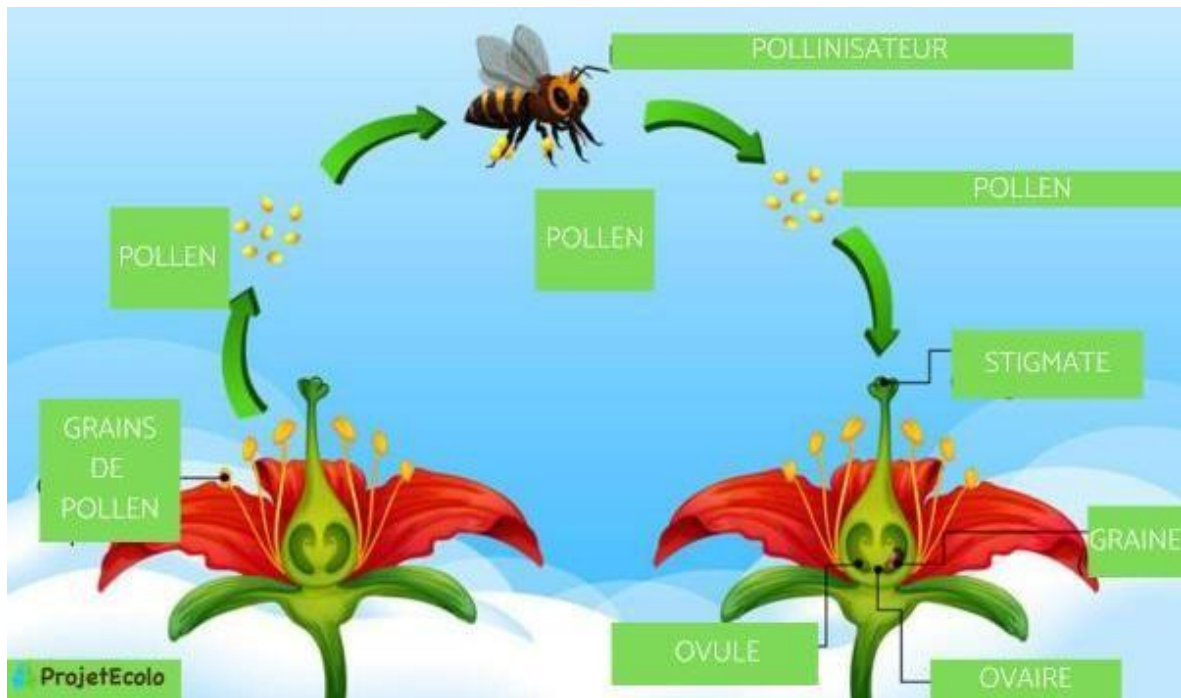


Figure 13 : la pollinisation par les abeilles (<https://www.projetecolo.com/qu-est-ce-que-la-pollinisation-311.html>).

La pollinisation se divise en deux types : l'autopollinisation et la pollinisation croisée :

- L'autopollinisation est la pollinisation s'effectuant au sein de fleurs d'une même plante.
- La pollinisation croisée s'effectue par le transfert du pollen d'une plante à un autre individu de même espèce.

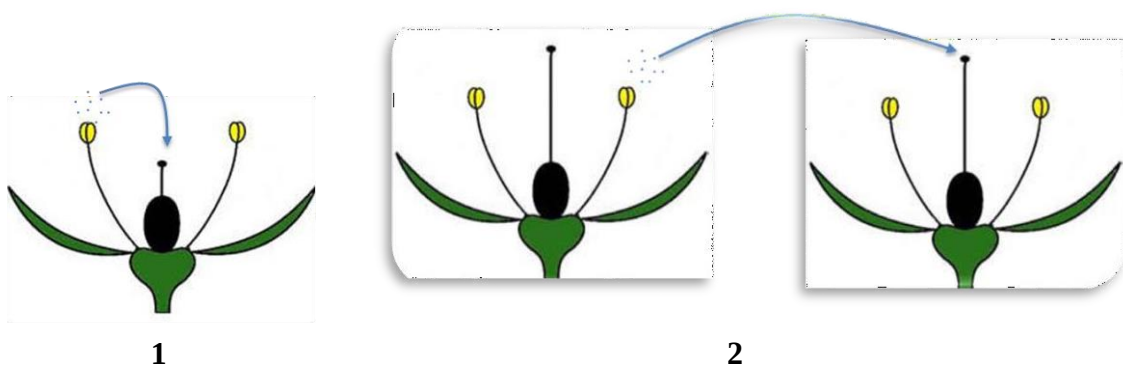


Figure 14 : L'autopollinisation(1) et la pollinisation croisée (2).

Selon les variations de structure de la fleur chez les Angiospermes, l'autopollinisation est possible entre deux organes reproducteurs d'une même fleur chez les hermaphrodites ou

fleur possédant l'ensemble des pièces florales, et entre deux fleurs d'une même plante, cas des monoïques où les fleurs unisexuées sont portées par un même individu. La pollinisation croisée est obligatoire chez les plantes dioïques ou plantes avec seulement des fleurs mâles ou femelles sur un individu, mais s'observe aussi chez les hermaphrodites et monoïques.

La pollinisation croisée favorise la diversification génétique dans la lignée (Nabors 2008).

II. 8-Le transport des grains de pollens :

Pour assurer le transport des grains de pollens, les fleurs de ces plantes ont adopté différentes stratégies qui nécessitent l'intervention des vecteurs de la pollinisation, car contrairement aux animaux les plantes sont incapables de se mouvoir.

Il existe différents modes de pollinisation :

L'anémophilie ou anémogamie : lorsque le transport du pollen est assuré par le vent.

L'hydrophilie : ou le transport de pollen par l'eau ne se trouve généralement que chez les plantes aquatiques totalement immergées.

La zoïdophilie : la pollinisation est assurée par des animaux (insectes, oiseaux, chauve-souris, mollusques gastéropodes).

La pollinisation par des animaux est un des principaux services écosystémiques apportés par la recherche de nourriture des pollinisateurs. **La pollinisation entomophile** par l'abeille mellifère *Apis mellifera* L est celle considérée dans cette étude.

La conséquence de cette interaction mutuelle entre plantes et pollinisateurs est multiple. Cette association ne peut se faire sans contrainte, car pour répondre aux besoins mutuels les deux entités doivent s'adapter induisant à l'évolution de ces organismes. Et chacun est susceptible d'influencer le développement et l'évolution d'un autre.

Les plantes ont ainsi acquis des structures anatomiques qui fournissent de la nourriture aux pollinisateurs. En retour, les pollinisateurs assurent la reproduction des plantes. Ces adaptations aux divers vecteurs de pollinisation résultent d'une convergence d'un ensemble de traits floraux sélectionnés au cours de l'évolution chez des espèces végétales ou syndrome de pollinisation, appelé aussi syndrome floral (Faegri and Van der Pijl 2013).

II. 9-Adaptation des fleurs pour attirer les abeilles pollinisatrices

Les plantes entomophiles ont développé des caractéristiques pour attirer leurs pollinisateurs que ce soit la couleur, la forme, la taille, et le parfum de leurs fleurs. Certaines plantes ont de grosses fleurs, relativement peu nombreuses, mais très visibles **(Vaissière 2002)**. Pour d'autres, comme chez les Apiaceae (Umbelliferae) ou les Rosaceae, les fleurs sont discrètes, de petite taille, mais regroupées en inflorescence **(Erbar and Leins 1997)**.

L'attraction passe aussi par le parfum de fleur, car les récepteurs olfactifs situés sur les antennes des abeilles y sont sensibles. Le parfum unique de chaque fleur est dû à l'association de plusieurs molécules odorantes **(Knudsen et al. 2006)**.

Le stimulus provoqué par l'odeur des fleurs semble être le premier élément qui favorise le choix de l'abeille pour une ressource, qu'elle soit nectarifère ou pollenifère **(Arenas and Farina 2012)**. Ce parfum est reconnu par les abeilles, et est assimilé à la présence de nectar, de pollen ou de cires odorantes qui sont les récompenses des pollinisateurs. La perception de ces récompenses permet de fidéliser le pollinisateur à une espèce florale **(Hill et al. 1997)**.

Comme les abeilles ne voient que trois couleurs : le jaune, le violet/bleu, et l'ultraviolet, de nombreuses fleurs sauvages ont adopté les couleurs jaunes ou bleues pour mieux attirer les abeilles **(Knudsen et al. 2006)**. La capacité des abeilles à voir l'ultraviolet leur permet de voir des motifs, des stries, des taches situées au centre de la fleur, tout près des étamines et du pistil, servant de guide nectarifère aux abeilles, et les attire au plus près des nectaires. Les fleurs présentant ce type de guide auront de meilleures chances d'être visitées par un insecte, et d'attirer les pollinisateurs depuis de longue ou moyenne distance **(Knudsen et al. 2006)**.

La morphologie du grain de pollen est l'une des caractéristiques qui aident les abeilles à choisir les plantes à butiner. Que ce soit la forme, la taille, l'aperture ou l'ornementation, ces caractères pourraient favoriser le transfert de pollen sur les pattes des abeilles et sur les stigmates des fleurs **(Fluri et al. 2001)**. Les espèces entomophiles ont des grains de pollen de taille moyenne ou grande et offrent beaucoup plus de nutriment pour les abeilles, la présence d'ornementation sur leur paroi joue un rôle dans le partage des charges

électrostatiques et servent à attacher les grains de pollen aux pattes des insectes et la présence d'apertures ou zone de la digestion des grains de pollen commence.

Matériel et méthodes

1-Presentation de la région d'étude :

Notre étude est déroulée dans le territoire de la ville de Laghouat, celle-ci est située à 400 Km au Sud de la capitale d'Alger, sur une latitude Nord $33^{\circ}48'$ et la longitude de : $02^{\circ}35'$ Est, couvrant une superficie totale de 25052 Km^2 . Elle est limitée au Nord par la wilaya de Djelfa, à l'Ouest par la wilaya d'El Bayadh, au Nord-ouest par la wilaya de Tiaret et vers le sud par la wilaya de Ghardaïa. Elle est constituée de deux zones distinctes : L'Atlas saharien situé au Nord-ouest de la wilaya, caractérisé par des altitudes variant de 1000 m à 1700 m et les hauts plateaux et plateaux sahariens se caractérisent par des altitudes variant de 700 à 1000 m et des pentes de 0 à 3%, situés au Sud-est (CDF, 2012 ; DPSB, 2011).



Figure 15 : Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat.

2-Matériels utilisés :

2-1 Au laboratoire :

Etiquettes

Microscope Optique.

Plaques chauffantes.

Lame en verre.

Lamelle.

Glycérine gélifiée.

Boîte des lames.

2.2 Matériel végétal :

De la récolte de la plante à la conservation :

Le collecteur doit récolter dans la mesure du possible des échantillons complets, de préférence fertiles (avec fleurs et/ou fruits) présentant toutes les parties caractéristiques de la plante.

Toutes les données concernant les caractéristiques de la plante « in vivo » sont d'une grande utilité, comme le port ou l'aspect, les couleurs des fleurs, la taille... Le collecteur doit noter le maximum de renseignements sur place sur son carnet de terrain. Toutes ces informations, qui ne seront plus visibles sur l'échantillon séché, serviront d'aide à l'identification.

Il indiquera également le nom vernaculaire de la plante, le taxon, la date et le lieu de récolte, le nom du collecteur et le n° de l'échantillon, l'habitat, le type biologique (liane, arbre, herbacée...)

Cela servira par la suite à faire les étiquettes collées sur chaque planche d'herbier.

Les échantillons doivent être placés entre des feuilles de papier absorbant, sous presse. On positionne les différentes parties de manière à faire ressortir les caractéristiques de la plante (les feuilles avec une face inférieure et supérieure visible par exemple), les fruits, s'ils sont trop gros, peuvent être découpés.

Ils seront ensuite mis au séchage dans une étuve afin de les déshydrater et d'éliminer les insectes. Les plantes sont alors disposées et collées sur un papier bristol pour leur présentation définitive et seront intégrées dans l'herbier.

Les échantillons pourront ainsi se conserver très longtemps à l'abri de l'humidité et de la lumière.

3. Méthode d'étude :

3-1 Prise des photos et identification des plantes :

Au cours des mois de Mars, Avril et Mai, lors des sorties sur le terrain pour récolter des plantes mellifères, nous avons remarqué qu'en Avril et en Mai, il y avait une grande diversité végétale par rapport à Mars et Mai.

Chaque échantillon prélevé se verra immédiatement attribué un numéro (numéro de récolte) qui sera noté sur le journal ou sur un papier fendu dans lequel vous aurez glissé la plante. Ce numéro unique suivra la part d'herbier et permettra de la repérer même si la plante n'a pas été déterminée immédiatement. Ce numéro correspondra aux notes prises dans le carnet de récoltes en même temps que le prélèvement. Ces notes permettent à l'herbier de prendre toute sa valeur.

Pour une identification précise des espèces végétales, nous avons utilisé différents guides sur la morphologie des plantes (**Lippert & Podlech, 2010; Schonfelder & Schonfelder, 2014; Martin, 2014; Judd et al., 2002**) et des informations provenant de plusieurs sites d'internet, ainsi à l'aide d'une application [Pl@ntNet4.5](#). Nous avons identifié nos espèces, ensuite, nous avons ressorti les espèces mellifères.

3-2 Échantillonnage du pollen et son examen au laboratoire : D'abord, on prépare la glycérine-gélatinée, avec la fondre de 2,33 grammes de gélatine dans 14 millilitres d'eau distillée et 16 grammes de glycérine pendant 15 minutes. Ensuite, filtrer à travers un tamis, puis conserver immédiatement dans un bocal en verre.

En cas de solidification, nous la réchauffons à nouveau au bain-marie pour chaque utilisation. La deuxième partie du travail commence par l'échantillonnage des grains de pollen frais à partir des fleurs des plantes mellifères. Nous avons pris de chaque plante -déjà identifiée- une fleur, ensuite passer au laboratoire et procéder comme suit (figure 12):

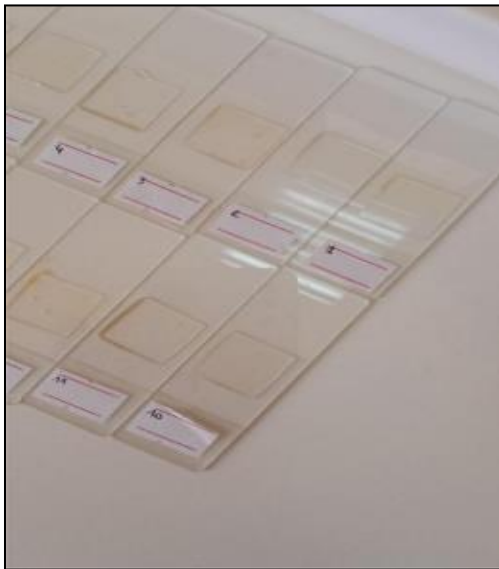
- a) déposer la poussière de pollen sur la lame.
- b) ajouter une goutte (glycérine-gélatinée).
- c) placer une lamelle sur le pollen.
- d) placer les étiquettes au bord de la lame.
- e) passer à l'observation sous microscope optique (Gx400)
- f) observer les différentes formes des échantillons



1-étiquetage et dépôt des grains du pollen sur la lame.



2- ajout de la goutte de glycérine gélatinée.



3- pollen entre lame et lamelle.



4- observation par microscope



- 5- Exemples de photos après des observations microscopiques, Gx400 (1: *Tecoma fulva*, 2: *Tagetes tenuifolia*, 3: *Lonicera japonica*).

Figure 16: Les étapes à suivre (1-5) pour réaliser une préparation microscopique des grains de pollens.

Résultats et discussion

Les abeilles se nourrissent essentiellement du nectar et du pollen des fleurs, leur survie dépend en grand partie de la disponibilité de ces ressources dans leur environnement. Les insectes pollinisateurs ont besoin pour équilibre alimentaire de butiner une grande diversité d'espèces florales agricoles, horticoles et sauvages (**Merian et Pluswert, 2017**).

1-Repartition des plantes mellifères en fonction des familles :

A travers cette études nous avons inventorié 67 plantes mellifères dans la commune de Laghouat appartiennent à 33 familles botaniques (figure 17, Annexe 1).

Cette diversité pollinique peut être dû à la nature de cette région, qui se caractérise par un climat sec, où la majorité des plantes sont temporaires, les faisant apparaître soudainement après les pluies, et se développent étonnamment rapidement pour terminer leur cycle de vie de floraison et de fructification avant le sol sécher. La durée de ce cycle végétatif est très variable d'une espèce à l'autre, mais varie généralement d'un à quatre mois (**Ozenda 1977**). Cette biodiversité reflète le grand nombre d'espèces végétales qui maintiennent les populations d'abeilles dans ces zones (**Zerrouk et al. 2021**).

Les familles fortement représentées sont: Les Asteraceae et les Fabaceae

-Les Asteraceae : avec 19 espèces (28,35%), par rapport aux autres familles, est le plus prédominance du peuplement inventorié. Cette famille présente dans la plupart des écosystèmes terrestres, est la première famille de plantes à fleurs la plus importante en termes de nombre d'espèces. Comprenant plus de 1600 genres et 23000 espèces, elle représente plus de 10% de la diversité des eudicotylédones (**Anderberg et al., 2007**). Dans une étude réalisée sur les plantes mellifères de la région de Bechar et de Naama, **Laallam et al., (2011)** ils ont trouvé que la famille d'Astéracées est le plus prédominance.

Parmi les espèces identifiées dans cette étude on cite : *Gazania rigens*, *Onopodium arenarium*, *Senecio glaucus*, *Centaurea melitensis*, *Echinops spinosus*, *Achillea clypeolata*, *Cichorium pumilum* et *Scolymus hispanicus*. Les inflorescences des Asteraceae produisent de larges quantités de pollen et de nectar sur une vaste période de temps, ce qui devrait en faire des hôtes privilégiés pour la collecte de pollen à la fois pour les abeilles spécialistes et généralistes (**Minckley & Roulston, 2006**).

-**Les Fabaceae** : avec 7 espèces répertoriées (10,44%) vis à vis d'autres familles, Les fabaceae constituent une des plus grandes familles des plantes à fleurs, réparties aussi bien en milieu tempéré que tropical (**Wojcievhowski et al. ,2004**). Les formes arborescentes prédominant dans les pays chauds et les formes herbacées dans les régions tempérées (**Dupont et al., 2007**).

Parmi les espèces identifiées dans cette étude on cite : *Acacia saligna*, *Astragalus armatus* (figure16).

Dans une étude réalisée par **Bahloul, 2023** sur 72 échantillons de miel de la région de Laghouat et de Djelfa les familles avec la plus grande représentation des types polliniques étaient les Fabaceae et les Asteraceae avec 12 types de pollens (chacune), ce qui confirme l'importance de ces deux familles pour l'apiculture et pour la production de miel dans la zone étudiée.

Bahloul, 2023, déclare que onze types polliniques ont été considéré comme très fréquents dans les échantillons du miel étudiés et qui sont présents dans plus de 50% des échantillons, Parmi lesquels on cite : *Peganum harmal*, *Onopordum arenarium*, *Centaurea sp.*, *Ziziphus lotus*, *Eruca vesicaria*, *Euphorbia bupleuroides*, *Launea sp.*, et *Eucalyptus sp.* Toutes ces espèces sont identifiées dans cette étude.

-Les familles des **Apiaceae**, **Melvaceae** et **Convolvulaceae** avec 3 espèces pour chacun d'elle, Au taux de (4,47%) par rapport d'autre familles,(figure 17) .

Et les familles : **Oleaceae** , **Rosaceae** , **Brassicacea** et **Géraniacée** sont représentée par 2 espèces pour chacune d'elle (figure 17), et avec un taux de 2,98% par rapport aux autres familles (figure 17).

-Les familles faiblement représentées : avec moins 2 % des plantes mellifères recensées, Dans cette catégorie se recrutent les : Boraginaceae, Cistaceae, Rhamnaceae, Elaeagnaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Aizoaceae, Anacardiaceae, Resedaceae, Oxalidaceae, Bignoniaceae, Lythraceae, Verbenaceae, Caprifoliaceae, Scrofulariaceae , Myoporaceae, Renonculaceae et Zygophyllaceae (figure 17).

L'abondance de ces familles dans les miels a été confirmée par plusieurs auteurs (**Terrab et al., 2001, 2003 ; Sajwani et al., 2007 et Costa et al., 2013**).

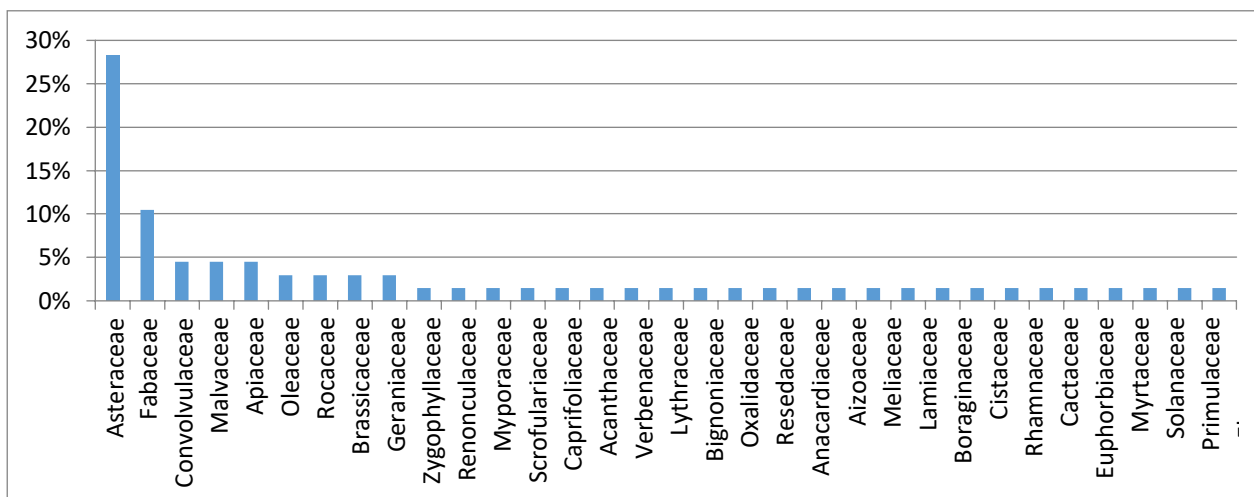


Figure 17: Répartition des plantes mellifères en fonction des familles.

2- Répartition des plantes mellifères en fonction du degré de domestication :

Selon l'Annexe 1 et la figure 17, les plantes spontanées sont les plus représentées avec un taux de 62.69,%. Nous signalons à titre d'exemple le cas de : *Malva sylvestris*, *Peganum harmala*, *Onopodium arenarium*, *Ranunculus arvensis*, *Senecio glaucus* et *Ziziphus lotus*. Ces plantes appelées plantes sauvages, sont des plantes qui poussent naturellement dans son environnement, sans intervention humaine. Cela signifie qu'elle n'a pas été plantée ni cultivée par l'homme, et qui peuvent être pressentes dans divers habitats (figure 18).

Pour les plantes cultivées sont moins représentées avec un taux 37,31% (figure 18), parmi les espèces identifiées dans cette étude on cite : *Gazania rigens*, *Schinus molle*, *Punica granatum*, *Opuntia ficus-indica*, *Melia azedarach*, *Eucalyptus camaldulensis* et *Elaeagnus angustifolia*, ces plantes sont des plantes que l'homme cultive et reproduit dans le but d'obtenir certains avantages, comme la nourriture, la médecine ou la décoration.

Ces résultats sont différents de ceux obtenus par **Safi et Dahmani en 2018** sur la région de Laghouat, avec 106 espèces dont: 53 % des plantes mellifères recensées sont cultivées et 47% sont classées comme des plantes spontanées.

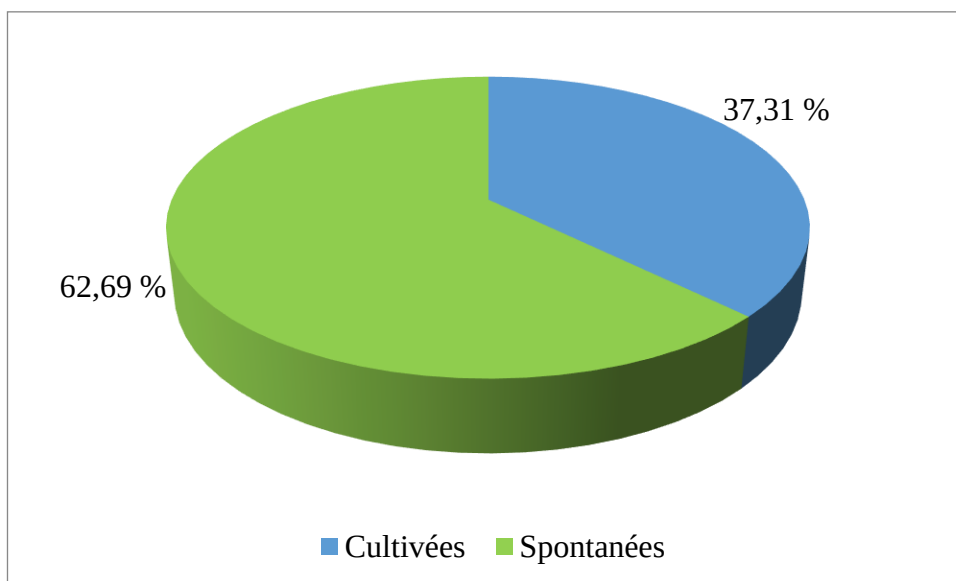


Figure 18: Répartition des plantes mellifères en fonction du degré de domestication.

3- Répartition des plantes mellifères en fonction des types morphologique :

La répartition des espèces recensées suivant les types morphologiques à montre que les plantes herbacées sont les plus représentées avec 45 espèces (soit 67,16% du total des espèces), suivi par les arbres avec 9 espèces (soit 13,43% du total des espèces), les arbustes avec 12 espèces (soit 17,91% du total des espèces) et une seul plantes appartement au sous-arbrisseau (soit 1.49 % du total des espèces) (figure 19, Annexe 1).

Ces plantes méritent d'être multipliées, conservées et protégées d'autant plus certaines d'entre elles sont aussi utiles pour fertiliser le sol ou contre l'érosion, d'autre peuvent servir à l'alimentation humain et/ou animale (**Bakenga et al., 2000**) (figure 19).

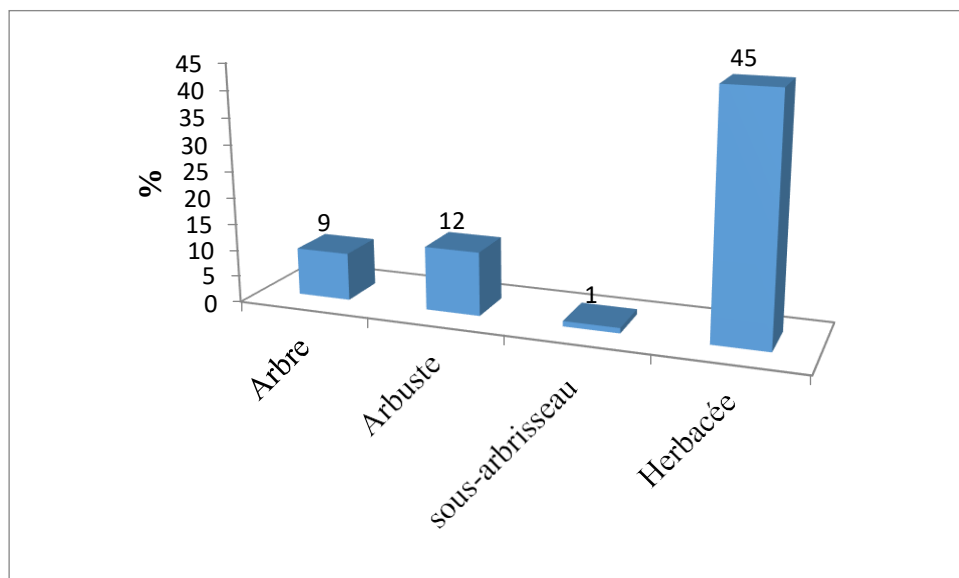


Figure 19 : Répartition des plantes mellifères en fonction des types morphologique.

5-Repartition des plantes mellifères en fonction de la durée de vie :

Les plantes n'ont pas toutes la même durée de vie, certaines sont pérennes, d'autres réalisent leur cycle de vie en quelques mois voire quelques semaines. La croissance des plantes et leur durée de vie sont différentes suivant l'espèce et variété, en lien avec les conditions climatiques et d'autres facteurs.

Dans notre étude les plantes vivaces sont les plus représentées avec un pourcentage de 74.63 % soit 50 espèces botanique, comme: *Peganum harmala*, *Ziziphus lotus*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Punica granatum* et *Erodium glaucophyllum*, et les plantes annuelles avec 16 espèces (soit 23.88 %) (comme: *Reseda lutea*, *Eruca vesicaria*, *Centaurea melitensis*, *Ammi majus*, *Sonchus oleraceus* et *Centaurea melitensis*), et avec une seule espèce bisannuelle (*Moricandia arvensis*) (soit 1,49 %) (figure 20, Annexe 1).

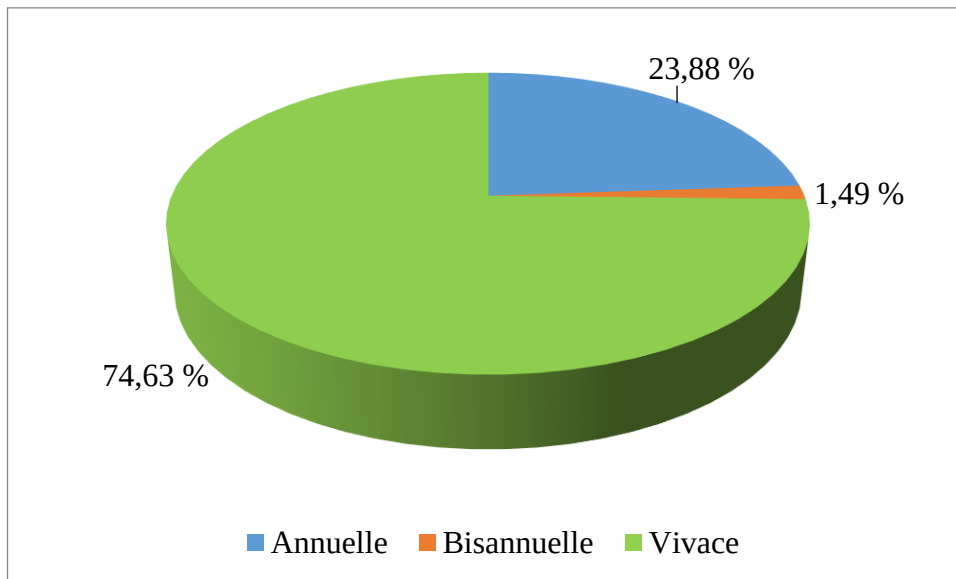


Figure 20: Répartition des plantes mellifères en fonction de la durée de vie.

5-Répartition des plantes mellifères en fonction de la couleur des fleurs :

En effet l'attractivité de certains parfumes floraux et leur impact sur le comportement de visite des abeilles ont déjà été mis en évidence dans la littérature (**Dottel et al., 2005**). D'un point de vue visuel, la couleur des fleurs ainsi que leurs morphologies peuvent avoir une importance non négligeable dans les processus de sélection des plantes hôtes (**Dotterl et Vereecken, 2010**).

La répartition des plantes mellifères en fonction des couleurs des fleurs montre une grande diversité de couleurs au sein et entre les familles.

Les couleurs des fleurs répertoriées sont les suivantes: jaune, blanche, orange, mauve, violette, rouge, bleu, blanche/jaune, blanche/rouge, bleu/violette, rose/violette, blanche/rose et certaines fleurs de plantes représente plusieurs couleurs.

Les résultats ont montré une grande diversité de couleurs des plantes mellifères, ce qui est en rapport avec la biodiversité observée. De toutes les couleurs répertoriées, les plantes à fleurs jaune ont représenté la grande majorité avec 24 espèces soit 35,82%, (comme : *Centaurea solstitialis*, *Centaurea melitensis*, *Anacyclus valentinus*, *Nicotiana glauca* et *Acacia saligna*) suivi par la couleur blanche avec 15 espèces comme *Ipomoea pandurata*, *Myoporum laetum* et *Rose multiflora*, et la couleur

violette avec 10 espèces (comme *Echium humile* et *Onopodum arenarium*) (figure 21, Annexe 1).

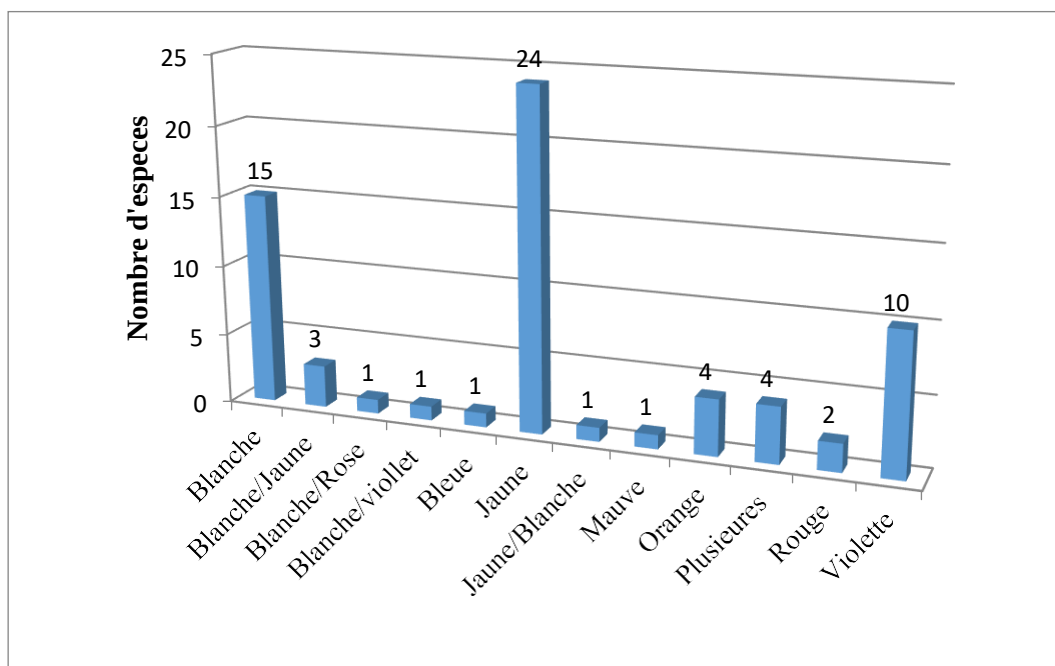


Figure 21 : Répartition des plantes mellifères en fonction de la couleur des fleurs.

Répartition les plantes médicinales et les plantes ornementales :

Selon les résultats obtenus, nous avons constaté que les plantes médicinales sont les plus abondantes que les autres types, avec un pourcentage de 50,75 % (figure 22, Annexe 1), comme: *Astragalus armatus*, *Centaurea melitensis*, *Centaurea solstitialis*, *Echinops spinosus*, *Eruca vesicaria*, *Ziziphus lotus* et *Peganum harmala*, qui sont des plantes utilisées pour leur propriétés particulières bénéfique pour la sante humain, elles sont employées depuis des siècles dans les différentes cultures du monde pour traiter un large éventail de maladies et d'affection.

Quant aux plantes ornementales, nous avons compte 41,79% (figure 22) comme par exemple : *Tecoma fulva*, *Nicotiana glauca*, *Lantana camara*, *Gazania rigens*, *Elaeagnus angustifolia* et *Acacia saligna*. Ces plantes sont des espèces intentionnellement pour leurs qualités d'agrément et leur attrait esthétique, elles sont utilisées pour embellir les jardins, les maisons et les autres espaces intérieurs et extérieurs.

On a trouvé aussi des plantes médicinales et ornementales au même temps, par exemple : *Olea europaea*, *Achillea clypeolata*, *Alcea rosea*, *Argyranthemum frutescens*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Lavandula dentata*, *Melia azedarch* et *Opuntia ficus-indica*.

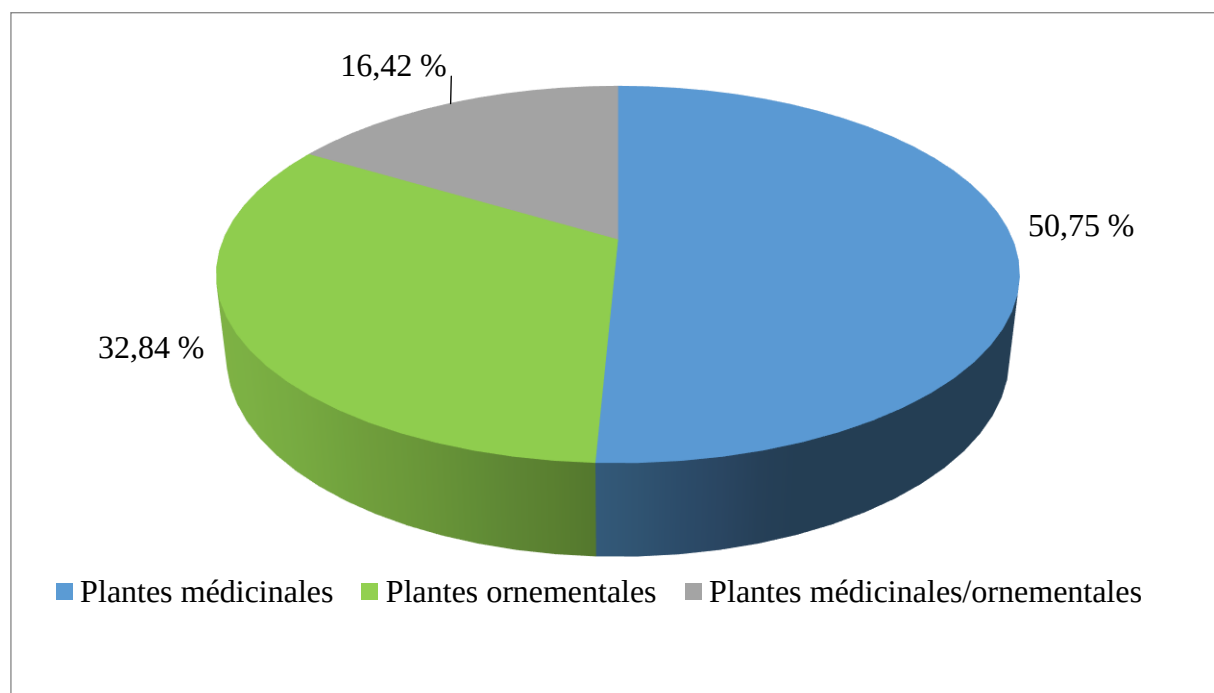


Figure 22: Répartition des plantes médicinales et ornementales.

7- La taille du pollen

La taille des grains de pollens est un facteur important pour déterminer la variété de pollens mellifères dans le miel. Lorsque la taille du pollen est mesurée, il s'agit généralement soit les plus petites formes possibles (15-20 μm) observée chez *Eucalyptus camaldulensis*, soit des grains de pollens plus gros comme chez *Opuntia ficus-indica* (100.9 μm (93-150 μm)). La taille des pollens mellifères varie considérablement selon la plante ou l'arbre auquel elle est associée (Annexe 2 et 3).

Selon la taille de pollen nous pouvons distinguer quatre catégories des plantes:

- a) les plantes à pollens de petites tailles (<20 μm); représentées avec une seule espèce (*Echium humile*), soit 1.52 % de plantes inventoriées.
- b) les plantes à pollens de tailles moyennes (20 - 50 μm); représentent la majorité des espèces étudiées avec 84.85%, parmi lesquelles on cite *Centaurea solstitialis*, *Medicago sativa*, *Centaurea melitensis*, *Euphorbia bupleuroides*, *Helianthus petiolaris*, *Astragalus pseudotigonus* et *Prosopis juliflora*
- c) les plantes à pollens de grandes tailles (51 - 80 μm) représente 9.09 % des plantes mellifères recensées, comme : *Acacia saligna*, *Ipomoea pandurata*, *Ipomoea cairica*, *Convolvulus arvensis*, *Echinops spinosus* et *Centaurea seridis*.
- d) les plantes à pollens de très grandes tailles (> 80 μm), sont faiblement représentées et observés chez les espèces *Opuntia ficus-indica*, *Hibiscus rosa-sinensis* et *Alcea rosea* avec une moyenne de taille qui dépasse 100 μm et qui est représenté par 4.55 % des plantes mellifères recensées.

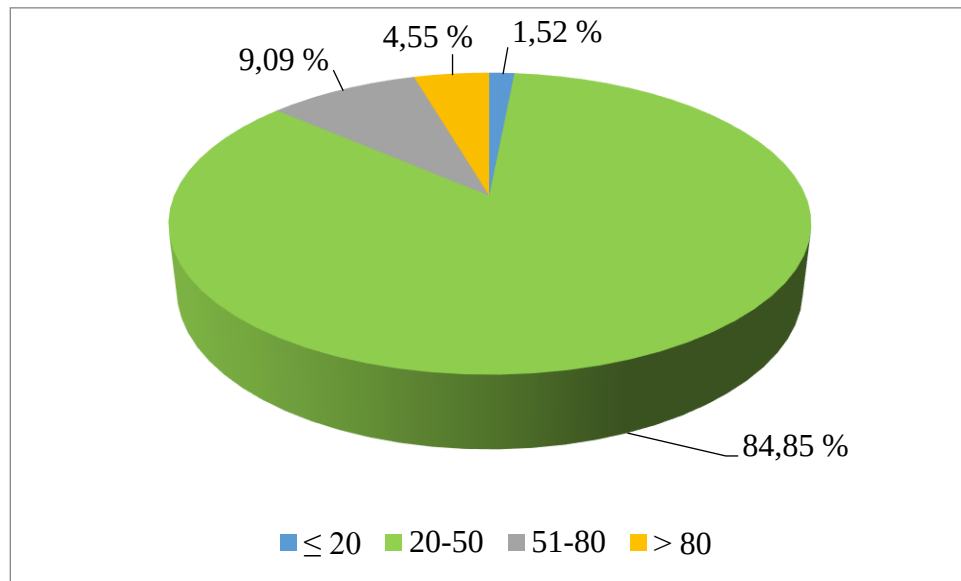


Figure 23: Taille des grains de pollens des plantes inventoriées

8-Les apertures des pollens :

L'aperture de pollen et ses caractéristiques morphologiques sont des indicateurs essentiels pour déterminer les différences entre les espèces et les familles de plantes mellifères (**Bahloul, 2023**).

La majorité des grains de pollen ont des triples apertures avec un pourcentage qui dépasse 92 % (Annexe 3), et qui facilitent leur germination s'ils rencontrent le stigmate d'un ovaire (**Laouer, 2017**). Dans la deuxième position on trouve les types polliniques avec plusieurs pores de germination (polyapertures) avec 4.55% et les pollens sans pores de germination (inaperturé) avec 3.3 %.

Les apertures sont des régions spécialisées du sporoderme qui sont plus minces que le reste du sporoderme, de forme et en nombre variables à travers lesquelles le tube pollinique sortira et s'allongera lors de la germination du grain de pollen. Les apertures jouent un rôle dans la régulation du volume des grains en fonction de l'humidité ambiante. Quand ces ouvertures sont absentes, il existe une partie de l'exine qui est fine et mince permettant la sortie du tube pollinique, on parle donc de zone germinale (**Laouar, 2017**).

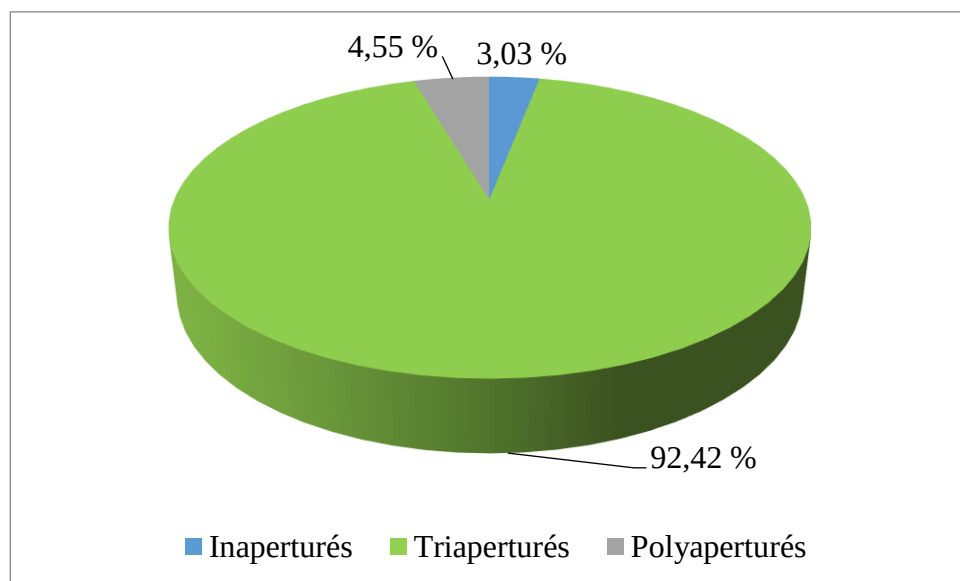


Figure 24 : Les apertures des pollens étudiés

Les grains de pollens qui sont mentionnés dans cette étude sont déjà déterminés dans les différents études réalisés sur les miels Algériens ce qui confirme leur importance mellifères pour la région (**Ouchemoukh et al.**, 2005 ; **Chefrour**, 2008; **Makhloufi et al.**, 2010; **Nair et al.**, 2013; **Draiaia et al.**, 2014; **Mehdia**, 2016; **Homrani** 2020; **Laallam** 2018; **Zerrouk et al.**, 2013; **Zerrouk et al.**, 2014; **Zerrouk**, 2014; **Zerrouk et al.**, 2018 & **Zerrouk et al.**, 2021).

Conclusion

Cette étude contribue à la connaissance des ressources naturelles alimentaires des abeilles dans la ville de Laghouat pendant trois mois allant du mois de Mars jusqu'à le mois de Mai 2024; et contribue aussi à la caractérisation des grains de pollen de plantes mellifères inventories.

* L'inventaire de la végétation de la ville de Laghouat permis d'identifier 67 espèces végétales appartenant à 33 familles botaniques.

* La famille fortement représentée est l'Asteraceae avec 19 espèces (soit 28,35%), par rapport aux autres familles, est la plus prédominance du peuplement inventorié. Cette famille présente dans la plupart des écosystèmes terrestres, est la première famille de plantes à fleurs la plus importante en termes de nombre d'espèces.

* les plantes spontanées sont les plus représentées avec un taux de 62.69,%. Nous signalons à titre d'exemple le cas de : *Malva sylvestris*, *Peganum harmala*, *Onopodium arenarium*, *Ranunculus arvensis*, *Senecio glaucus* et *Ziziphus lotus*. Les plantes cultivées sont moins représentées avec un taux 37,31%, parmi les espèces identifiées dans cette étude on cite : *Gazania rigens*, *Schinus molle*, *Punica granatum*, *Opuntia ficus-indica*, *Melia azedarach*, *Eucalyptus camaldulensis* et *Elaeagnus angustifolia*.

* La répartition des espèces recensées suivant les types morphologiques à montre que les plantes herbacées sont les plus représentées avec 45 espèces (soit 67,16% du total des espèces), suivi par les arbres avec 9 espèces (soit 13,43% du total des espèces), les arbustes avec 12 espèces (soit 17,91% du total des espèces) et une seule plantes appartenant au Arbrisseau (soit 1.49 % du total des espèces).

* Dans notre étude les plantes vivaces sont les plus représentées avec un pourcentage de 74.63 % soit 50 espèces botanique, comme: *Peganum harmala*, *Ziziphus lotus*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Punica granatum* et *Erodium glaucophyllum*, et les plantes annuelles avec 16 espèces (soit 23.88 %) (comme: *Reseda lutea*, *Eruca vesicaria*, *Centaurea melitensis*, *Ammi majus*, *Sonchus oleraceus* et *Centaurea melitensis*), et avec une seule espèce bisannuelle (*Moricandia arvensis*) (soit 1,49 %).

* La répartition des plantes mellifères en fonction des couleurs des fleurs montre une grande diversité de couleurs au sein et entre les familles. Les plantes à fleurs jaune ont représenté la grande majorité avec 24 espèces soit 35,82%.

- * Selon les résultats obtenus, nous avons constaté que les plantes médicinales sont les plus abondantes que les autres types, avec un pourcentage de 50,75 %.
- * La taille des pollens mellifères varie considérablement selon la plante ou l'arbre auquel elle est associée.
- * La majorité des grains de pollen ont des triples apertures avec un pourcentage qui dépasse 92 %, et qui facilitent leur germination s'ils rencontrent le stigmate d'un ovaire.

Perspective :

Vu l'importance agro-écologique et économique des plantes mellifères et le domaine de l'apiculture, il paraît intéressant de suivre ce travail afin :

- * D'enrichir l'étude floristique par des prélèvements des espèces sur d'autres stations de la wilaya de Laghouat;
- * La plantation et la diversification des plantes mellifères dans les projets de reboisements;
- * Recenser les plantes mellifères dont dispose l'abeille comme source alimentaire de chaque région du pays;
- * Etablir une carte de répartition des zones mellifères.

Références bibliographiques

- Amdam, G.V. and S.W. Omholt (2003).** "The hive bee to forager transition in honeybee colonies: the double repressor hypothesis." *Journal of Théorique Biology* 223(4): 451-464.
- Alaux, C., F. Ducloz, D. Crauser and Y. Le Conte (2010).** "Diet effects on honeybee immunocompetence." *Biology letters* : rsbl20090986
- Anderberg,A.,Baldwin,B.,Bayer,R.,Breitwieser,J.,Jeffrey,C.,Dillon,M. ,Nesom,G.,Norden-stam,B.,Oberprieler,C.,Panero,J.,Puttock,C.,Robinson,H.,Stuessy,T.,Susanna ,A.,Urtubey,E.,Voget,R.,Ward,J et Watson ,L.(2007).** *Compositae*.In :Kadereit JW,Jeffrey C,eds.*The families and genera of vascular plants. Volume VIII.Flowering plants.Eudicots.Asteralees*.Berlin : Springer, 61-588.
- Arenas, A. and W.M. Farina (2012).** "Learned olfactory cues affect pollen-foraging preferences in honeybees, *Apis mellifera*." *Animal Behaviour* 83(4) : 1023-1033.
- Bakenga, M., Bahati, M et Balagizi, K. (2000).**Inventaire des plantes mellifères de Bukavu et ses environs (Sud –Kivu, Est de la République Démocratique du Congo).Tropicultura, 18,89-93.
- Berkani, M L. 2007.** Etude des paramètres de développement de l'Apiculture Algérienne. Thèse de doctorat d'état, INA El-Harrach Alger. 233p.
- Cook SM, Awmack CS, Murray DA, Williams IH.2003.** Are honeybees'foraging preferences affected by pollen amino acid composition? *Ecology Entomology* 28:622–627.
- Chefrour A (2008).** Miels algériens : caractérisation physico-chimique et mellissopalynologique (cas des miels de l'est de l'algérie). Thèse de doctorat, université badji mokhtar-annaba, 194 p.
- **Costa M., Vergara-Roig V., et Kivatinitz V (2013).** Melissopalynological study of artisanal honey produced in Catamarca (Argentina), *Grana*, 52:3, 229-23.
- Cremonz, T.M., D. De Jong and M.M. Bitondi (1998).** "Quantification of hemolymph proteins as a fast method for testing protein diets for honey bees (Hymenoptera: Apidae)." *Journal of economic entomology* 91(6): 1284-1289.

De Arruda, V.A.S., A.A.S. Pereira, A.S. de Freitas, O.M. Barth and L.B. de Almeida-Muradian (2013). "Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition." *Journal of Food Composition and Analysis* 29(2): 100-105.

Dotterl, S., Fussel, U., Jurgens, A et Aas, G.2005.**Dimethoxybenzene** a floral scent comound in willows that attacts an oligolectic bee.*Journal of Chemical Ecology* ,31 :2993-2998.

Dotterl, S., Vereecken, N. 2010.The chemical ecology and evolution of beeflower.

Draiaia R., Rezki A., Ben Nacer K ., et Chefrou E (2014). Quality of some algerian honey: study of botanical and some physicochemical parameters. *Middle-east journal of scientific research*, 22 (9): 1363-1371. **Dupont, F et Guignard, J. (2007).**Abrege de Botanique. Edition Masson, Paris ; 285p.

Ellis, A.M. and G. Hayes (2009). "An evaluation of fresh versus fermented diets for honey bees (*Apis mellifera*). " *Journal of apicultural research* 48(3): 215-216.

Erbar, C. and P. Leins (1997). "Different patterns of floral development in whorled flowers, exemplified by *Apiaceae* and *Brassicaceae*." *International Journal of Plant Sciences* 158(S6): S49-S64.

Faegri, K. and L. Van der Pijl (2013). Principles of pollination ecology, Elsevier.

Fluri P, Pickhardt A, Cottier V, Charriere J-D. 2001. La pollinisation des plantes a fleurs par les abeilles-Biologie, Ecologie, Economie. Agroscope Liebefelf-Poiseux, Centre de Recherche Apicole. 27p.

Hill, P.S., P.H. Wells and H. Wells (1997). "Spontaneous flower constancy and learning in honey bees as a function of colour." *Animal Behaviour* 54(3): 615-627.

Homrani, M (2020). Caractérisation physico- chimique, spectre pollinique et propriété biologique de miel algériens crus de différente origines florales , thèse de doctorat science agronomique algérie, marchenay, p., berard, I. 2007. L’homme, l’abeille et le miel. Edition de borée, 223p.

Hrassnigg, N. and K. Crailsheim (2005). "Differences in drone and worker physiology in honeybees (*Apis mellifera*). " *Apidologie* 36(2): 255-277.

Knudsen, J.T., R. Eriksson, J. Gershenzon and B. Ståhl (2006). "Diversity and distribution of floral scent." *The botanical review* 72(1): 1.

Judd W.S, Campbell C.S, Kellogg E.A, Stevens P.F. (1999). *Plant Systematics: A*

- **Laallam H (2018).** « Etude melissopalynologique, physicochimique et antibactérienne de quelques échantillons de miels du sud algériens » thèse de doctorat science agronomique, Algérie, pp 11

Laouar, 2017. Analyses polliniques et physico-chimiques des miels du nord-est Algérien. Thèse de doctorat. Univ. de Annaba. 126p.

Lippert W& Podlech D. (2010). Gros plan sur les plantes de Méditerranée. Editeur :

Louveaux, J. 1980. Les abeilles et leurs élevages. Ed. OPIDA. 215p.

Mao, W., M.A. Schuler and M.R. Berenbaum (2013). "Honey constituents up-regulate detoxification and immunity genes in the western honey bee *Apis mellifera*." *Proceedings of the National Academy of Sciences*: 201303884.

Marchenay, P., Berard, L. 2007. L'homme, l'abeille et le miel. Edition De Borée, 223p.

Merian & Pluswert G.(2017). Abeilles et biodiversité, Dossier pour enseignants.

Merian et Pluswert G. (2017).Abeilles et biodiversité, Dossier pour enseignants .Editeur, Coop.16.p.

Micheu, S., K. Crailsheim and B. Leonhard (2000). "Importance of proline and other amino acids during honeybee flight." *Amino acids* 18(2): 157-175.

Minckley R.L. & Roulston T.H. (2006). Incidental mutualisms and pollen specialization among bees. In: Waser NM, Ollerton J, eds. *Plant-pollinator interactions from specialization to generalization*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 69-98.

Minckley R.L. & Roulston T.H. (2006). Incidental mutualisms and pollen specialization among bees. In: Waser NM, Ollerton J, eds. *Plant-pollinator interactions from specialization to generalization*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 69-98.

Nabors, M.W. (2008). Biologie végétale : structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies, Pearson Education France. Nathan. 254p.

Nguemo D D, Foko J., Pinta J.Y., Ngouo L.V., Tchoumboue J. & Zango P. 2004. Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, 22, 3, 139-14.

- **Makhloufi C., Kerkvliet J., Ricciardelli G., Choukri A., and Samar R (2010).** Characterization of algerian honeys by palynological and physic-chemical methods. *Apidologie*, 41:509-521

Mehdi Y(2016). « Caractérisation physicochimique, palynologique et effets antibactérien, antioxydant et immun modulateur des miels de la région ouest d'Algérie. » thèse de doctorat science biologique, Algérie, pp 03

- **Nair S., Meddah B., Aoues A. 2013.** Melissopalynological characterization of north Algerian honeys. *Foods*, 2: 83-89.

Ouchemoukh S., Iouaileche H., Schweitzer P (2005/2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some algerian honeys. *Food control*. 18(1) : 52-58. .

-**Ozenda P (1977).** Flore du Sahara. Deuxième édition, CNRS, Paris, France. 622 p.

Quézel, P., Santa, S. 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I. Ed. Du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, 565 p.

Rabiet, E. 1984. Plantes mellifères, plantes apicoles : Rapport entre les plantes et l'abeille domestique, Edition RABIET, 424p.

Safi et Dahmani, 2018 , Inventaire sur les plantes mellifères de la commune de

Schmickl, T. and K. Crailsheim (2001). "Cannibalism and early capping: strategy of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages." *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 187(7): 541-547.

Schmickl, T. and K. Crailsheim (2002). "How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behaviour in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions." *Behavioral Ecology and Sociobiology* 51(5): 415-425.

Schonfelder P & Schonfelder I. (2014). Guide photo de la flore de Méditerranée.

Sajwani A., Farooq S., Patzelt A., Eltayeb E., et Bryant V (2007). Melissopalynological studies from Oman. *Palynology*, 31(1) : 63-79.

Seeley, T.D. (2014). Honeybee ecology: a study of adaptation in social life, Princeton University Press.

Steffan-Dewenter, I. and A. Kuhn (2003). "Honeybee foraging in differentially structured landscapes." *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 270(1515): 569-575.

Terrab A., Diez M., Heredia F (2002). Characterization of moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food chemistry*. 79 : 337-73.

Vaissiere B E, 2011. Pollinisation et écologie des abeilles pour une agriculture durable et productive. Colloque Apicole International Franco-Roumain. Faculté d'Agronomie USAMV, Bucarest – Roumanie.

Vaissière, B. (2002). "Abeilles et pollinisation." *COURRIER DE LA NATURE-PARIS*:-: 24-27.

Winston, M.L. (1991). The biology of the honeybee, Harvard University press.

Wojciechowski, M., Lavin, M and Sanderson, M. (2004). A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *MATK* gene resolves many well-supported subclades within the family. *American Journal of Botany*, 11 :1846-2004.

- **Yin Y (2014).** Qualification des miels de corse par une approche multifactorielle : diversité pollinique & variabilité chimique. Autre. Université pascal paoli,. Français

- **Zerrouk S., Escuredo O, Shantal Rodríguez-Flores M et Seijo M (2020).**

- **Zerrouk S., Seijo M., Boughediri I ., Escuredo O., Rodríguez-flores M (2014).** Palynological characterisation of algerian honeys according to their geographical and botanical origin. *Grana journal*. 53(2): 147-158.

- **Zerrouk S., bahloul R (2020).** Palynological and physicochemical properties of multifloral honey produced in some Regions of algeria.

- **Zerrouk S., Boughediri I., Seijo M., Fallico B ., Arena E., Ballistreri G (2013)** Palynological and physicochemical Properties of citrus and eucalyptus honeys produced in blida region (algeria). *Eur. J. Sci. Res.* **2013**, 104, 79–90.

- **Zerrouk S., Seijo M., Boughediri I., Escuredo O., Rodríguez-flores M (2017).** Characterization of *Ziziphus lotus* (jujube) Honey produced in algeria. *J. Apic. Res.* **2017**, 57, 166–174.

Zerrouk S. (2018). Support des travaux pratiques de Biologie végétale : Les plantes à fleurs. Destiné aux étudiants de 1ère année *Sciences de la Nature et de la Vie* (SNV). Université de Laghouat. 72p.

Annexes

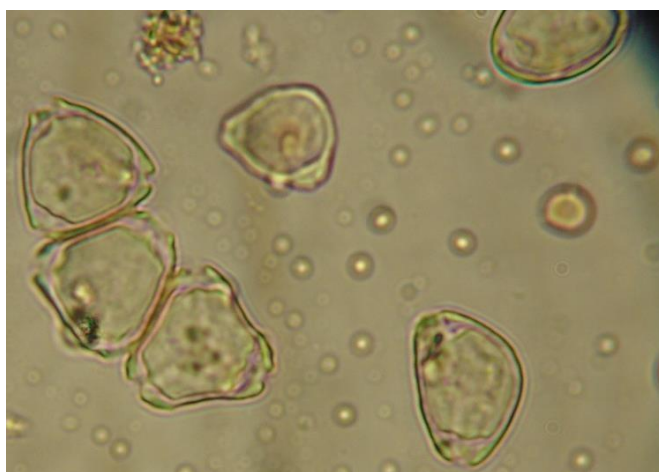
Annexe 1 : Caractérisations des plantes inventoriées.

Famille	Espèces	Couleur de fleur	Type de plante	Plante médicinales	Plante ornementales	Forme biologique	Durée de vie
Acanthaceae	<i>Justicia adhatoda</i>	Blanche	Cultivée		O	Arbuste	Vivace
Aizoaceae	<i>Mesembryan themum</i>	Violette	Cultivée		O	Herbacée	Vivace
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Blanche	Cultivée	M	O	Arbre	Vivace
Apiaceae	<i>Ammi majus</i>	Blanche	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Torilis nodosa</i>	Blanche	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Thapsia garganica</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Asteraceae	<i>Echinops spinosus</i>	Blanche	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
	<i>Picris albida</i>	Blanche	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Argyranthemum frutescens</i>	Blanche/Jaune	Spontanée	M	O	Herbacée	Vivace
	<i>Anacyclus clavatus</i>	Blanche/Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Achillea clypeolata</i>	Jaune	Spontanée	M	O	Herbacée	Vivace
	<i>Santolina chamaecyparissus</i>	Jaune	Spontanée	M	O	Herbacée	vivace
	<i>Scolymus hispanicus</i>	Jaune	Spontanée	M	O	Herbacée	Vivace
	<i>Anacyclus valentinus</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	annuelle
	<i>Centaurea melitensis</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Centaurea solstitialis</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Helianthus petiolaris</i>	Jaune	Cultivée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Senecio glaucus</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Sonchus oleraceus</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Tagetes tenuifolia</i>	Orange	Cultivée		O	Herbacée	Annuelle
	<i>Gazania rigens</i>	Plusieurs	Cultivée		O	Herbacée	Vivace
	<i>Pseudopodos premium</i>	Violette	Spontanée		O	Herbacée	Annuelle

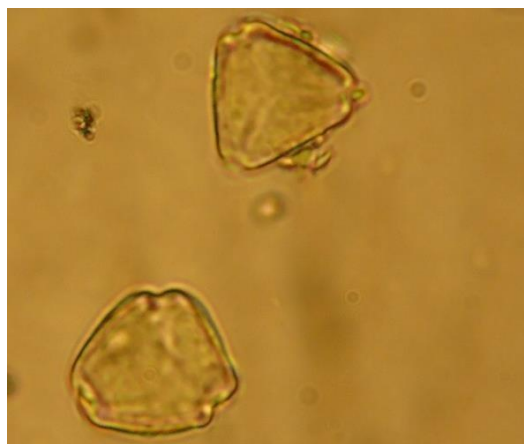
	<i>Centaurea seridis</i>	Violette	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
	<i>Cichorium pumilum</i>	Violette	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
	<i>Onopodum arenarium</i>	Violette	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Orange	Cultivée		O	Arbuste	Vivace
Boraginaceae	<i>Echium humile</i>	Violette	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Brassicaceae	<i>Eruca vesicaria</i>	Blanche	Spontanée	M		Herbacée	Annuelle
	<i>Moricandia arvensis</i>	Mauve	Spontanée	M		Herbacée	bisannuelle
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Jaune	Cultivée	M	O	Arbuste	Vivace
Caprifoliaceae	<i>Lonicera japonica</i>	Jaune/Blanche	Cultivée		O	Arbuste	Vivace
Cistaceae	<i>Helianthemum apenninum</i>	Blanche/Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pandurata</i>	Blanche	Spontanée		O	Herbacée	Annuelle
	<i>Convolvulus arvensis</i>	Blanche/Rose	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
	<i>Ipomoea cairica</i>	Violette	Spontanée		O	Herbacée	Vivace
Elaegnaceae	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Jaune	Cultivée		O	Arbre	Vivace
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia bupleuroides</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Fabaceae	<i>Astragalus armatus</i>	Blanche	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
	<i>Retama retam</i>	Blanche	Spontanée	M		arbuste	Vivace
	<i>Acacia saligna</i>	Jaune	Cultivée		O	Arbre	Vivace
	<i>Prosopis juliflora</i>	Jaune	Cultivée		O	Arbre	Vivace
	<i>Astragalus pseudotigonus</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
	<i>Melilotus indicus</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
	<i>Medicago sativa</i>	Violette	Cultivée	M		Herbacée	Vivace
Geraniaceae	<i>Pelargonium zonale</i>	Orange	Cultivée		O	Herbacée	Vivace
	<i>Erodium glaucophyllum</i>	Violette	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Lamiaceae	<i>Lavandula dentata</i>	Violette	Spontanée	M	O	sous-arbrisseau	Vivace

Lythraceae	<i>Punica granatum</i>	Rouge	Cultivée	M		Arbre	Vivace
Malvaceae	<i>Callianthe picta</i>	Orange	Cultivée		O	arbuste	Vivace
	<i>Alcea rosea</i>	Plusieurs	Cultivée	M	O	Herbacée	Vivace
	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Rouge	Cultivée		O	arbuste	Vivace
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	Blanche/violet	Cultivée	M	O	Arbre	Vivace
Myoporaceae	<i>Myoporum laetum</i>	Blanche	Cultivée		O	Arbuste	Vivace
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Jaune	Cultivée	M	O	Arbre	Vivace
Oleaceae	<i>Olea europaea</i>	Blanche	Cultivée	M	O	Arbre	Vivace
	<i>Jasminum officinale</i>	Blanche	Cultivée		O	arbuste	vivace
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Primulaceae	<i>Lysimachia foemina</i>	Bleue	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Renonculaceae	<i>Ranunculus arvensis</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Resedaceae	<i>Reseda lutea</i>	Jaune	Spontanée		O	Herbacée	Annuelle
Rhamnaceae	<i>Ziziphus lotus</i>	Jaune	Spontanée	M		Arbuste	Vivace
Rosaceae	<i>Rose multiflora</i>	Blanche	Spontanée		O	Herbacée	Annuelle
	<i>Rosa spp</i>	Plusieurs	Cultivée		O	arbuste	Vivace
Scrofulariaceae	<i>Antirrhinum latifolium</i>	Jaune	Spontanée	M		Herbacée	Vivace
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Jaune	Spontanée		O	Arbuste	Vivace
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Plusieurs	Cultivée		O	Arbuste	Vivace
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i>	Blanche	Spontanée	M		Herbacée	Vivace

Annexe 2 : Quelques plantes mellifères et ses grains de pollens



La plante et les pollens d'*Eucalyptus camaldulensis* (Gx400).



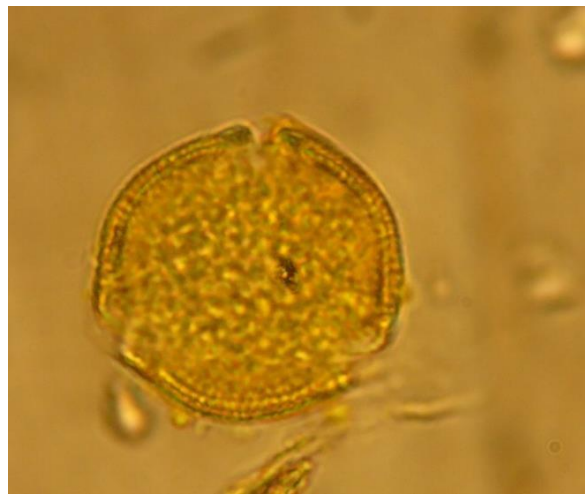
La plante et les pollens de *Ziziphus lotus* (Gx400).



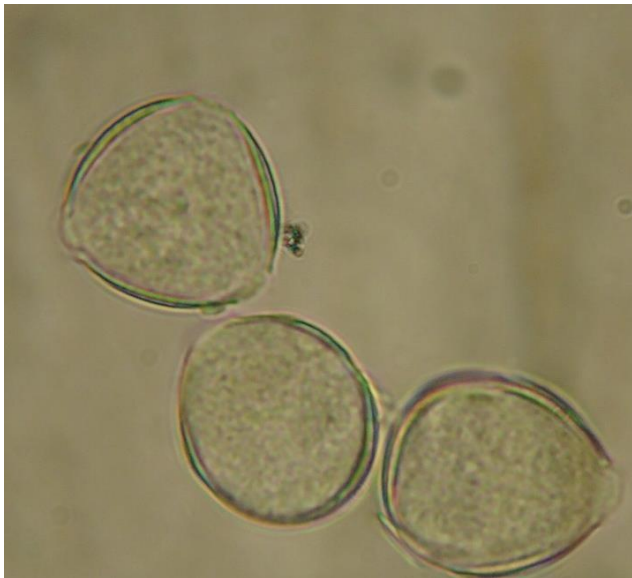
La plante et les pollens d'*Ammi majus* (Gx400).



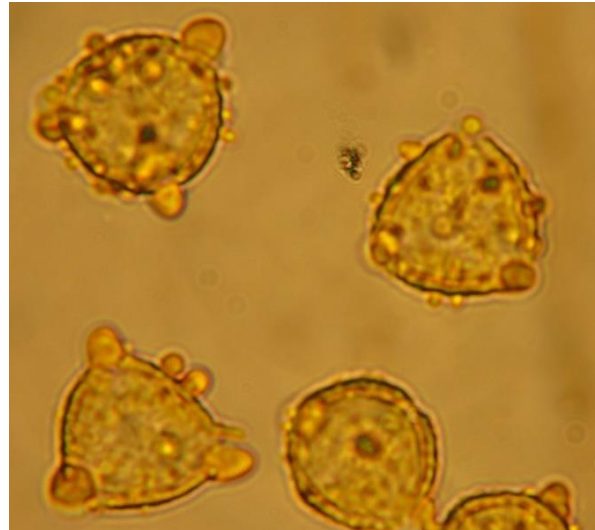
La plante et les pollens de *Thapsia garganica* (Gx400).



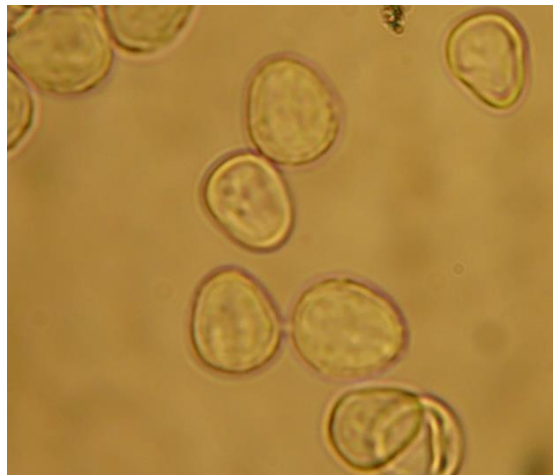
La plante et les pollens d'*Euphorbia bupleuroides* (Gx400).



La plante et les pollens de *Prosopis juliflora* (Gx400).



La plante et les pollens de *Schinus molle* (Gx400).



La plante et les pollens d'*Echium humile* (Gx400).



La plante et les pollens de *Punica granatum* (Gx400).



La plante et les pollens d'*Onopordum arenarium* (Gx400).



La plante et les pollens d'*Acacia saligna* (Gx400).



La plante et les pollens d'*Echinops spinosus* (Gx400).

Annexe 3 : La taille et les apertures des grains de pollen

Nom scientifique	Taille μm	Apertures
<i>Erodium glaucophyllum</i>	20-25	Triaperturés
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	> 100	Triaperturés
<i>Medicago sativa</i>	31-37	Triaperturés
<i>Melilotus indicus</i>	25-30	Triaperturés
<i>Olea europaea</i>	19-24	Triaperturés
<i>Oxalis pes-caprae</i>	20-30	Triaperturés
<i>Reseda lutea</i>	19-24	Triaperturés
<i>Rosa spp</i>	20-30	Triaperturés
<i>Acacia saligna</i>	43-69	Inaperturés
<i>Achillea clypeolata</i>	18-22	Triaperturés
<i>Alcea rosea</i>	> 100	Triaperturés
<i>Ammi majus</i>	22-29	Triaperturés
<i>Anacyclus clavatus</i>	25-40	Triaperturés
<i>Anacyclus valentinus</i>	26-50	Triaperturés
<i>Antirrhinum latifolium</i>	25-35	Triaperturés
<i>Argyranthemum frutescens</i>	20-35	Triaperturés
<i>Astragalus armatus</i>	20-25	Triaperturés
<i>Astragalus pseudotigonus</i>	25-35	Triaperturés
<i>Callianthe picta</i>	20-30	Triaperturés
<i>Centaurea melitensis</i>	31-37	Triaperturés
<i>Centaurea seridis</i>	60-66	Triaperturés
<i>Centaurea solstitialis</i>	31-37	Triaperturés
<i>Cichorium pumilum</i>	18-24	Triaperturés
<i>Convolvulus arvensis</i>	51-62	Triaperturés
<i>Echinops spinosus</i>	60-66	Triaperturés
<i>Echium humile</i>	16-20	Triaperturés
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	26 -50	Triaperturés
<i>Eruca vesicaria</i>	20-30	Triaperturés

<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	15-22	Triaperturés
<i>Euphorbia bupleuroides</i>	33-38	Triaperturés
<i>Gazania rigens</i>	20-30	Triaperturés
<i>Helianthemum apenninum</i>	40-46	Triaperturés
<i>Helianthus petiolaris</i>	37-45	Triaperturés
<i>Ipomoea cairica</i>	51-62	Triaperturés
<i>Ipomoea pandurata</i>	51-62	Triaperturés
<i>Jasminum officinale</i>	25-45	Polyaperturés
<i>Justicia adhatoda</i>	20-30	Triaperturés
<i>Lantana camara</i>	25-35	Triaperturés
<i>Lavandula dentata</i>	40-47	Polyaperturés
<i>Lonicera japonica</i>	20-30	Triaperturés
<i>Lysimachia foemina</i>	20-35	Triaperturés
<i>Melia azedarch</i>	20-30	Triaperturés
<i>Mesembryan themum</i>	20-30	Inaperturés
<i>Moricandia arvensis</i>	25-35	Triaperturés
<i>Myoporum laetum</i>	20-30	Triaperturés
<i>Nicotiana glauca</i>	21-25	Triaperturés
<i>Onopodum tauricum</i>	20-30	Triaperturés
<i>Opuntia ficus-indica</i>	100,9 µ (93-150)	Polyaperturés
<i>Peganum harmala</i>	14-28	Triaperturés
<i>Picris albida</i>	20-30	Triaperturés
<i>Prosopis juliflora</i>	25-35	Triaperturés
<i>Pseudopodos permum</i>	26-50	Triaperturés
<i>Punica granatum</i>	20-3	Triaperturés
<i>Ranunalus arvensis</i>	20-30	Triaperturés
<i>Retama retam</i>	21-25	Triaperturés
<i>Rose multiflora</i>	25-35	Triaperturés
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	20-30	Triaperturés

<i>Schinus molle</i>	25-35	Triaperturés
<i>Scolymus hispanicus</i>	22-27	Triaperturés
<i>Senecio glaucus</i>	20-30	Triaperturés
<i>Sonchus oleraceus</i>	25-35	Triaperturés
<i>Tagetes tenuifolia</i>	40-50	Triaperturés
<i>Tecoma fulva</i>	25 -35	Triaperturés
<i>Thapsia garganica</i>	20-30	Triaperturés
<i>Torilis nodosa</i>	25-35	Triaperturés
<i>Ziziphus lotus</i>	20-30	Triaperturés