

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et écologie végétale

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Etude palynologique de quelques espèces spontanées dans la wilaya de Constantine

Présenté par : BENMOUSSA Hichem
DEBBECHE Abderrazak

Le 27/06/2022

Jury d'évaluation :

Encadreur : Dr BENHIZIA Hayet (MCA-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 1 : Pr CHOUGUI Saida (Pr-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 2 : Dr ZOGMAR Meriem (MCA-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Année universitaire
2021 – 2022

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et écologie végétale

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétale

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Etude palynologique de quelques espèces spontanées de la wilaya de Constantine

Présenté par : BENMOUSSA Hichem
DEBBECHE Abderrazak

Le 27/06/2022

Jury d'évaluation :

Encadreur : Dr BENHIZIA Hayet (MCA-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 1 : Pr CHOUGUI Saida (Pr-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 2 : Dr ZOGMAR Meriem (MCB-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Année universitaire
2021 – 2022

Remerciements

Avant tout, Nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage, la volonté et la patience pour terminer ce modeste travail.

Au terme du présent travail, nous remercions vivement mon encadreur Dr BENHIZIA Hayet d'avoir dirigé ce travail, pour l'encouragement, les orientations et ses conseils constructifs tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous remercions Pr CHOUGUI Saida et Dr ZOGMAR Meriem d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Un autre merci particulier à madame DJGHAR Radia Pour sa gentillesse, son aide, et ses précieux conseils, pour avoir participé à ce travail. Veuillez trouver nos sincères reconnaissances.

Nous remercions aussi toute l'équipe du laboratoire de Cytogénétique pour les aides apportés pour notre travail.

Table des matières

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Partie 1. Etude bibliographique

Généralités sur le pollen et la palynologie

1-Pollen.....	3
1-1 Définition.....	3
1-2 Caractères microscopiques.....	3
1-2-1 Forme.....	3
1-2-2 Taille	5
1-2-3 Structure	6
1-3 Membrane pollinique et sa structure.....	7
1-3-1 Apertures.....	7
1-3-2 Morphogénèse du pollen.....	9
1-3-3 Libération des grains de pollen.....	12
1-4 Pollinisation.....	12
1-5 Composition chimique du pollen.....	13
1-6 Propriétés et usage du pollen.....	14
2-Palynologie.....	15
2-1 Définition	15
2-2 Historique.....	15
2-3 Applications de la palynologie.....	16
2-3-1-Mélistopalynologie.....	16

2-3-2-Paléopalynologie.....	17
2-3-3-Pharmacopalynologie.....	17
2-3-4-Biopalynologie.....	18
2-3-5-Paléoclimatologie.....	18
3-La morphologie du pollen comme caractère d'intérêt en phylogénie.....	18

Partie 2. Etude expérimentale

1- Matériels et Méthodes.....	21
1-1 Matériels végétales.....	21
1-1-1 Présentation de la région d'étude	21
1-1-2 Présentation des espèces étudiées.....	21
2-Méthodes d'analyses.....	24
2-1 Analyse morphologiques des grains de pollen.....	24
2-1-1- Prélèvement des grains de pollen.....	24
2-1-2-Préparation du pollen.....	24
2-1-3-Mesure du pollen.....	23

Parie 3. Résultats et Discussion

Caractères palynologiques.....	28
1- La famille des Asteraceae	33
1-1- Pollen de l'espèce <i>calendula officinalis</i> sp L.	33
1-2 Pollen de <i>Erigeron bonariensis</i> (L.)	33
1-3 Pollen de <i>Glebionis segetum</i> (L.)	34
1-4 Pollen de <i>Senecio gallicus</i> Vill	36
2- La famille des Fabaceae	36

2-1-Pollen de <i>Vicia sativa</i> (L.)	36
2-2- Pollen de <i>Lotus ornithopodioides</i> (L.)	37
2-3- Pollen de <i>Lathyrus ochrus</i> (L.)	38
3- La famille des Brassicacées.....	40
3-1- Pollen de <i>Sinapis arvensis</i> (L.)	40
3-2- Pollen de <i>Diplotaxis erucoides</i> (L.)	40
4- La famille des Convolvulaceae	41
4-1 Pollen de <i>Convolvulus tricolor</i> (L).	41
5- La famille des Boraginacées.....	44
5-1- Pollen de <i>Cynoglossum officinale</i> (L)	44
6- La famille des Verbenaceae.....	44
6-1 Pollen de <i>Lantana camara</i> (L).	46
7- La famille des Primulaceae.....	46
7-1 Pollen de <i>Lysimachia monelli</i> (L)	47
8- La famille des Malvacées.....	47
8-1 Pollen de <i>Malva sylvestris</i> (L)	47
9- La famille des Asparagaceae.....	49
9-1 Pollen de <i>Muscari comosum</i> (L.)	49
10- La famille des Scrophulariales.....	49
10-1 Pollen de <i>Myoporum laetum</i> G.Forst.....	50
11- La famille des Myoporaceae.....	50
11-1 Pollen de <i>Myoporum tenuifolium</i> G.Forst.....	50
12- La famille des Geraniaceae.....	51
12-1 Pollen de <i>Pelargonium zonale</i> (L.)	51
13- La famille des Renonculacées.....	54
13-1 Pollen de <i>Ranunculus acris</i> (L.)	54
14- La famille des Apocynaceae.....	54

14-1 Le pollen de <i>vinca major</i> (L)	55
15- La famille des Lamiaceae.....	55
15-1- Pollen de <i>Rosmarinus officinalis</i> (L.)	55
Conclusion	60
Références bibliographiques	62

Liste des figures

Figure 1. La structure du grain de pollen d'après (Peycru <i>et al.</i> , 2010)	3
Figure 2. Différents types polliniques d'Angiospermes d'après le nombre et la disposition des ouvertures (Tschudy et Scott, 1969 in Chateauneuf et Reyre, 1974)	4
Figure 3. La structure du grain du pollen (Caulien, 2009)	6
Figure 4. Différents types d'ouvertures (Gastaldi, et al., 2022)	8
Figure 5. Étapes de la formation d'un grain de pollen d'après Kleiman (2001).....	10
Figure 6. Formation des microspores dans les gymnospermes d'après Emmanuel (2007).....	11
Figure 7. Étapes de la formation d'un grain de pollen : une vision simplifiée d'après Kleiman (2001).....	11
Figure 8 : Photos des différentes espèces étudiées	29
Figure 9 : Photos des différentes espèces étudiées	30
Figure (10 ; 11 ; 12 ;13 ;14 ;15) : Photographies des grains de pollen des espèces Étudiées.....	35-56
Figure 16 : Pourcentages des ouvertures des grains de pollen des différentes espèces étudiées...	58
Figure 17 : Aspect morphologique des grains de pollen étudiés.....	59

Liste des tableaux

Tableau 01 : Forme du grain de pollen suivant le plan d'observation (Naas, 2004)	5
Tableau 02 : Composition chimique du pollen en pourcentage (par rapport au poids sec) (Pons, 1970).....	13
Tableau 03 : Présentation des espèces étudiées.....	22
Tableau 04 : Les mesures des deux diamètres P et E et l'aspect morphologique des grains de pollen étudiés.....	31

Liste des abréviations

- **μm**: Micromètre
- **p**: axe polaire
- **E**: axe équatorial
- **PMC** : cellule mère du pollen. .
- **Poly**: trois et plus.
- **Ic** : indice centromérique

Introduction

Les grains de pollens, assurent la reproduction de presque tous les végétaux. Il contient les gamétophytes mâles des plantes à fleurs. C'est le vecteur de l'élément mâle des Phanérogames, il représente la microspore mâle (haploïde) et contient généralement une cellule végétative et une cellule génératrice.

Le pollen présente une telle variété de forme que l'on peut, plus ou moins, reconnaître la plante qui l'a émis (Kiared, 2015). Le grain de pollen est un organisme fascinant pour les biologistes car chaque grain constitue une entité vivante et accessible.

Comme sa composition chimique très complexe lui permet de se conserver à travers les âges, le grain de pollen constitue un outil remarquable et efficace pour étudier l'histoire des plantes et leur évolution depuis leur apparition sur terre (Kiared, 2015).

Étude du pollen a pour objectifs de surveiller les pics de production de pollen des plantes les plus allergisantes. Cette science est également utilisée en agronomie, notamment pour déterminer l'origine florale des miels et ainsi attribuée des appellations.

Le grain de pollen des plantes à fleurs, présente une très grande diversité morphologique. Il constitue un bon modèle pour étudier l'évolution des formes. Les apertures sont des structures de la paroi du grain de pollen impliquées dans la survie et la reproduction.

L'objectif fondamental de notre étude est de prospector les différentes morphologies des grains de pollen des différentes espèces qui poussent spontanément dans la région de Constantine.

Ce mémoire comprend une partie bibliographique dans laquelle nous avons développé quelques notions de base sur la pollinisation, les propriétés et la composition chimique du pollen, la palynologie et son application en tant qu'une science descriptive et l'intérêt du pollen dans la phylogénie des espèces végétales

La deuxième partie de ce mémoire est une partie pratique, elle comporte une présentation de la méthodologie adoptée pour répondre à notre objectif ainsi que la présentation et la discussion des résultats obtenus.

Partie 1

Etude bibliographique

1-Pollen

1-1 Définition

Le mot pollen dérive du grec « pâle » qui désignait à la fois la farine et la poussière pollinique (Donadieu, 1982). Le pollen est l'élément reproducteur mâle des plantes à graines. Il représente une multitude de corpuscules microscopiques contenus dans les sacs polliniques de l'anthère des fleurs, constituant les éléments fécondants mâles de celles-ci (Charpin, 2004). A maturité, l'anthère des étamines libère du pollen. Chaque grain de pollen est un élément de petite taille (de 5 à plus de 300 μm), de forme sphérique ou en bâtonnet, et de durée de vie variable (de quelques minutes à quelques jours). Le grain de pollen produit les gamètes mâles : c'est donc le gamétophyte mâle des plantes à graines (et non le gamète mâle lui-même) (Marouf, 2007) (**Figure 1**).

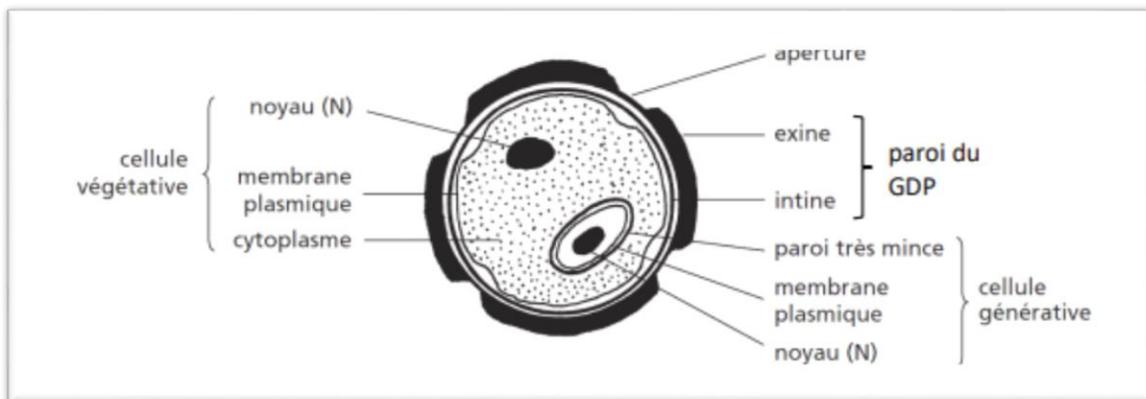


Figure 1. La structure du grain de pollen d'après Peycru *et al.* (2010)

1-2-Caractères microscopiques

1-2-1 Forme

Les grains de pollens ont généralement des formes très variables, sphériques, ovales, allongées, triangulaires, semi-circulaires, cubiques, hexaédriques ou pentagonales (Erdtman, 1943) (**Figure 2**). La forme du grain de pollen est définie par le rapport existant entre les dimensions de l'axe polaire (P) et de l'axe équatorial (E) (Pons, 1958).

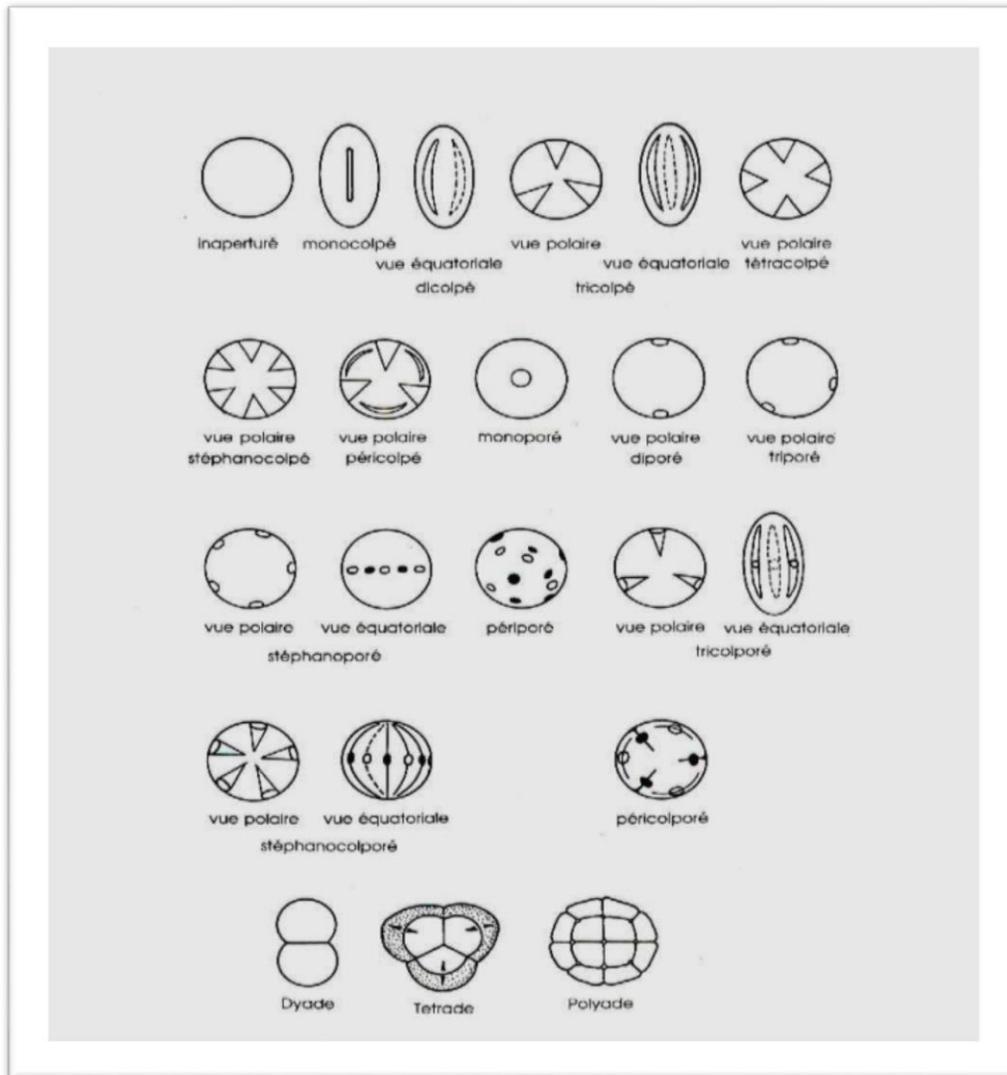


Figure 2. Différents types polliniques d'Angiospermes d'après le nombre et la disposition des apertures (Tschudy et Scott, 1969 in Chateaneuf et Reyre, 1974 ; Renault-Miskovsky et Petzold, 1989 et Guerin *et al.*, 1993).

Suivant le plan selon lequel on examine un grain de pollen on aura un plan polaire et un plan équatorial comme le montre le tableau suivant :

Tableau 1. Forme du grain de pollen suivant le plan d'observation (NAAS, 2004).

Plan d'observation	Le contour observé
Plan polaire	✓ Circulaire ✓ Subcirculaire ✓ Subtriangulaire ✓ Triangulaire
Plan équatorial	✓ Prolate (ovale allongé suivant l'axe polaire) ✓ Oblate (ovale allongé suivant l'axe équatorial) ✓ Sphérique

Dans un grain de pollen l'axe polaire, désigné par P, joint les deux pôles. L'axe équatorial, désigné par E, est perpendiculaire à l'axe polaire, le plan équatorial partage le pollen en deux hémisphères. Ces axes sont repérés sur les grains isolés par la disposition des ouvertures (ouvertures dans la membrane) (Charpin, 1986).

- Le grain de pollen est sphéroïdal ou équiaxe : $P = E$
- Le grain de pollen est prolé ou longiaxe : $P > E$
- Le grain de pollen est oblé ou bréviaxe : $P < E$

1-2-2 Taille

La taille des grains de pollen varie de 5 μm pour le Myosotis à 250 μm pour certaines Gymnospermes (sapin, épicéa) (Laaidi *et al.*, 1997). Un grand nombre de pollens anémophiles mesurent entre 20 et 60 μm Charpin, (1986). Sa taille peut varier avec l'âge et les conditions de maturation de la plante mais elle reste globalement constante pour une même espèce.

La dimension du pollen est corrélée avec celle des papilles du stigmate, le diamètre équatorial du pollen avec leur distance sur la surface réceptive tandis que le volume du pollen est corrélé avec la longueur du style, ce dernier résultat est confirmé par l'étude réalisée par Roulston *et al.* (2000).

1-2-3 Structure

Le grain de pollen mature (**Figure 3**) est constitué habituellement deux noyaux haploïdes : le plus gros est le noyau végétatif, l'autre noyau est génératif ou reproducteur. Une double enveloppe externe (le sporoderme) formée de deux parois distinctes : une couche externe très résistante, l'exine et la deuxième couche interne appelée l'intine, qui forme l'endospore. Elles sont très petites et mesurent selon le genre et l'espèce entre 15 et 45 microns (millièmes de millimètres) (Philippe, 1991).

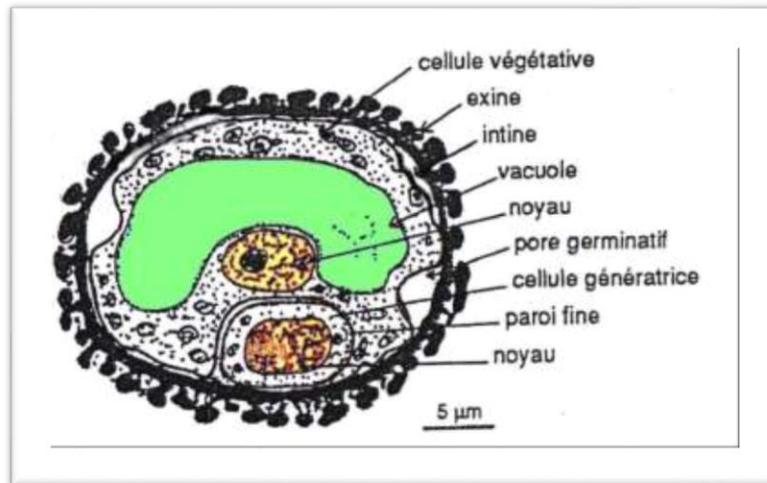


Figure 3. La structure du grain du pollen (Caulien, 2009).

- **L'exine** : la couche externe, elle est très résistante et permet aux grains de pollen d'être dispersés dans l'air sans être endommagés, L'exine, rigide, a un rôle de protection, elle empêche l'usure du grain de pollen en le protégeant des écrasements et autres effractions. Elle a un aspect différent selon les espèces et présente par ce fait une grande utilité dans la caractérisation du pollen mais également en archéologie et palynologie car elle fossilise dans le sol et devient un représentant de son espèce dans les sols. Son aspect varie d'une espèce à l'autre. (**Figure 3**).

Cette couche est principalement composée de sporopollénine, un bio polymère extrêmement résistant. La surface et les anfractuosités de l'exine sont tapissées et comblées par une substance majoritairement lipidique, on le nomme manteau pollinique. C'est ce manteau pollinique gluant qui favorise l'adhésion du pollen au corps des pollinisateurs et assure la cohésion des pelotes confectionnées par l'abeille. Cette couche est également dotée de piquants s'accrochant aux poils de l'abeille. Malgré la présence de cire à la surface, les abeilles sont

capables de la digérer pour en faire du pain d'abeille ou de la gelée royale destinés aux jeunes larves (Thibault, 2017).

- **L'intine** : la couche interne du grain de pollen, fine et fragile. C'est à elle que l'on doit la majeure partie des propriétés du pollen puisqu'elle est constituée de matières grasses gélifiées et colorées très riches en caroténoïdes, arômes, polyphénols, flavonoïdes et en vitamines antioxydantes liposolubles. De nature pecto-cellulosique, elle entoure la cellule végétative contenant d'importantes réserves nécessaires à la croissance du tube pollinique (Thibault, 2017).

1-3 Membrane pollinique et sa structure

1-3-1 Apertures

La surface de la plupart des grains de pollen et des spores présente des zones avec une différenciation de l'exine qui présente une moindre résistance et qui permet la sortie du tube pollinique ou du prothalle. Ces zones s'appellent « apertures » (Gastaldi, 2021).

❖ Type des apertures

En fonction des mensurations réalisées en vue polaire et équatoriale, on peut définir différentes formes d'apertures : Un « porus » est une aperture circulaire dans la zone équatoriale ou dispersée régulièrement sur la surface du grain de pollen. Si l'aperture circulaire se trouve dans la zone polaire distale elle s'appelle « ulcus ». Si l'aperture est plus de deux fois plus longue que large et qu'elle se trouve dans la zone équatoriale ou régulièrement distribuée sur la surface du grain de pollen, elle s'appelle « colpus ». Ce même type d'aperture présente dans la zone polaire distale s'appelle « sulcus ». Finalement, on appelle « colporus » une aperture composée d'un colpus (ectoaperture, cela veut dire aperture au niveau de la sexine) combinée avec une endoaperture (aperture au niveau de la nexine) de forme et taille variable. Parfois, autour des apertures, la structure de l'exine est altérée. Dans ce cas on parlera de bordures. Ces bordures peuvent être une caractéristique de la sexine ou de la nexine (Moore et *al.*, 1991). On peut distinguer :

- Annulus : épaissement ou amincissement de la sexine autour d'un ecto -porus (ex. *Avena sp.*),
- Margo : zone de l'exine autour d'un ectocolpus qui présente une ornementation ou épaisseur différentes du reste de la sexine (ex. *Hedera sp.*),

- Costa : épaissement de la nexine autour d'une endoaperture (ex. *Nyssa sp.*) ou sous le bord d'une ectoaperture,
- Atrium ou Vestibulum : espace formé par la séparation de couches divergentes de l'exine autour d'un pore (ex. *Corylus sp.*),
- Oncus : élément en forme de lentille placé sous une aperture (ex. *Corylus sp.*),
- Operculum : structure de la sexine/ ectexine parfaitement délimitée et isolée du reste de la sexine qui couvre une partie d'une ectoaperture (ex. *Dianthus sp.*).

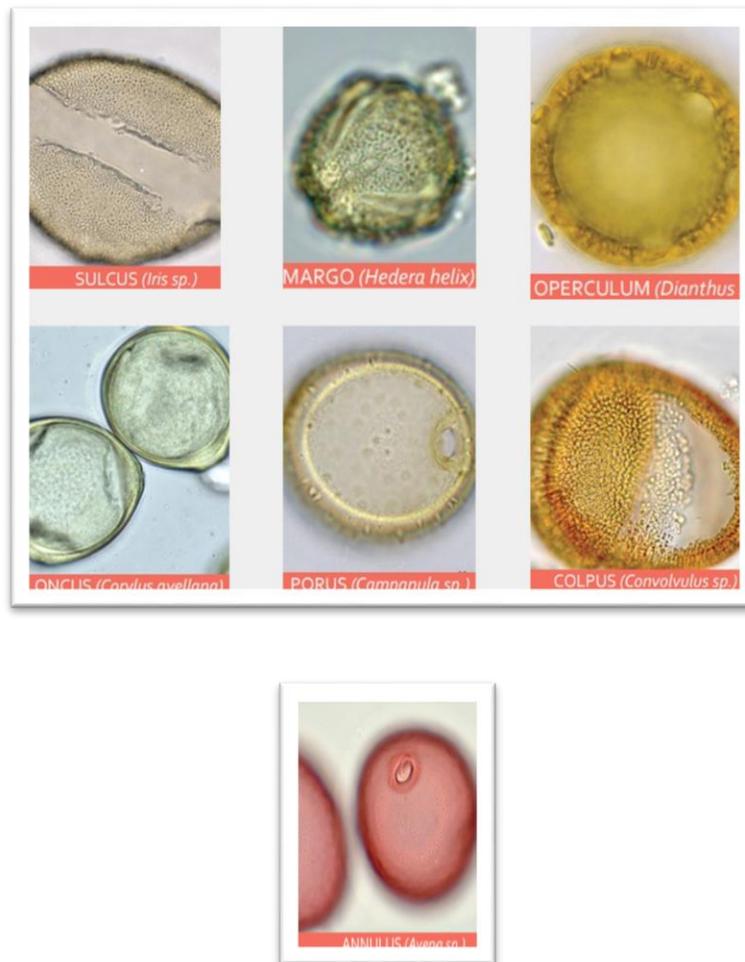


Figure 4. Différents types d'apertures (Gastaldi et *al.*, 2022).

❖ Quantité et disposition

Dans la nature nous pouvons trouver des pollens sans apertures (on les appellera « inaperturé») comme pour le laurier sauce (*Laurus nobilis*) (Pons, 1970). Dans le cas où le pollen présente des apertures, on ajoutera au type d'aperture un préfixe pour indiquer la quantité (mono, di, tri, tetra, ...). Par exemple, monoporé pour les graminées, tricolpé pour le chêne (*Quercus sp.*). Quand le grain de pollen possède six ou plus apertures disposées dans la zone équatoriale, on ajoutera le préfixe zono ou stéphano, comme par exemple le pollen de romarin (*Rosma-rinus sp.*) qui est stéphanocolpé. Si les apertures se trouvent dispersées sur la surface du grain de pollen, on utilisera le préfixe panto. Il est possible aussi qu'il y ait différents types d'apertures sur un même grain de pollen, dans ce cas il portera le préfixe hetero. Il existe aussi des pollens comme chez certaines Asteraceae, avec des apertures en forme de fenêtre. Dans ce cas on parlera de pollens fenestrés. Chez les Conifères, on trouve des pollens qui présentent des sacs d'air qui facilitent leur dispersion anémophile. Dans ce cas, on parlera de grains de pollen vésiculés. Les grains de pollen sont ainsi classés selon le type, la quantité et la disposition des apertures (Pokrovskaja, 1950 et Erdtman, 1952).

1-3-2 Morphogénèse du pollen

D'après l'analyse faite par Dumas (1984) in Pesson et Louveaux (1984) et la description du Reille (1990) ; Heller *et al.* (1995) et Gorenflot (1997) de la formation du grain de pollen, celle-ci commence dans les cellules mères du pollen localisées dans les anthères et se termine à l'anthèse.

Les pollens sont responsables de la transmission du matériel génétique mâle, chez les végétaux supérieurs. Ils sont produits dans les sacs polliniques à partir des cellules mères aux noyaux diploïdes volumineux. Chaque cellule mère subira deux divisions successives pour donner quatre cellules filles haploïdes appelées microspores, ensuite, chaque microspore se développe pour donner naissance à un gamétophyte mâle, qui se différencie en grain de pollen chez les Gymnospermes. Dans le cas des Angiospermes, les microspores restent regroupées en tétrades sous forme de tétraspores pendant l'élaboration du grain de pollen.

Dans un premier temps, une membrane cutinisée, l'exine, est synthétisée. Ensuite, une seconde membrane, plus fine et cellulosique, l'intine, se forme sous l'exine. Pendant ce temps, la paroi de la cellule mère dégénère, libérant les spores d'une même tétrade. Deux modes

d'arrangement des microspores dans une tétrade sont rencontrés chez les Angiospermes, en fonction de l'orientation des divisions cellulaires au cours de la méiose. Soit les 4 microspores sont dans un même plan (majoritairement chez les Monocotylédones) soit elles forment une tétrade (majoritairement chez les Dicotylédones). Chez les trachéophytes une exception à la règle existe dans l'hétérosporie : les Sélaginellacées. Elles produisent les androspores (**Figure 5**) (Camefort et Boué, 1969).

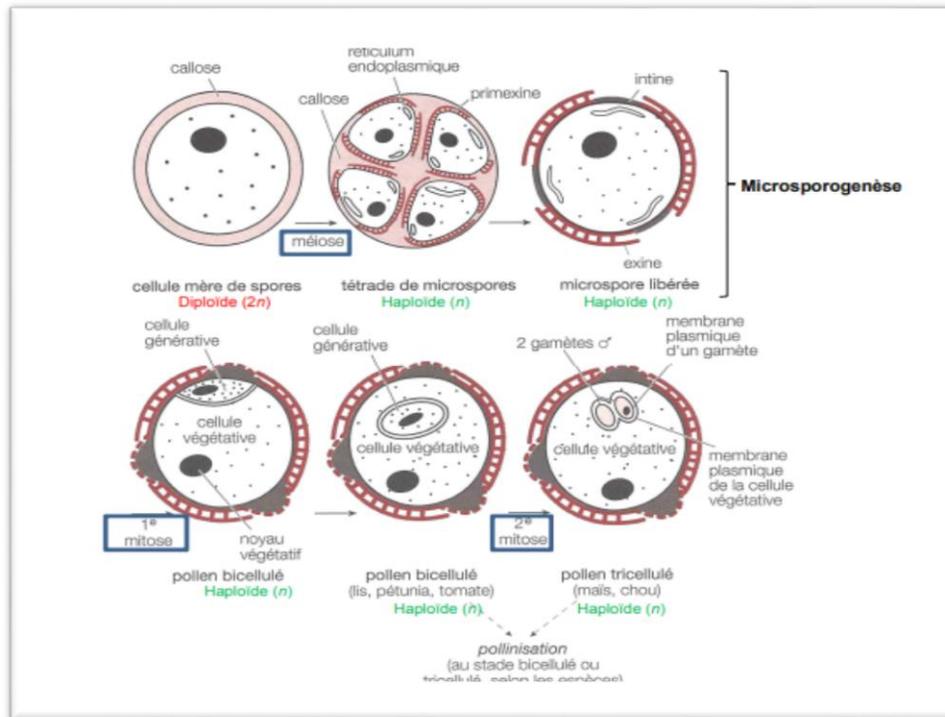


Figure 5. Étapes de la formation d'un grain de pollen d'après Kleiman (2001).

Chaque microspore, subit une à deux mitose(s) formant une cellule végétative et une cellule génératrice (Chassany *et al.*, 2012).

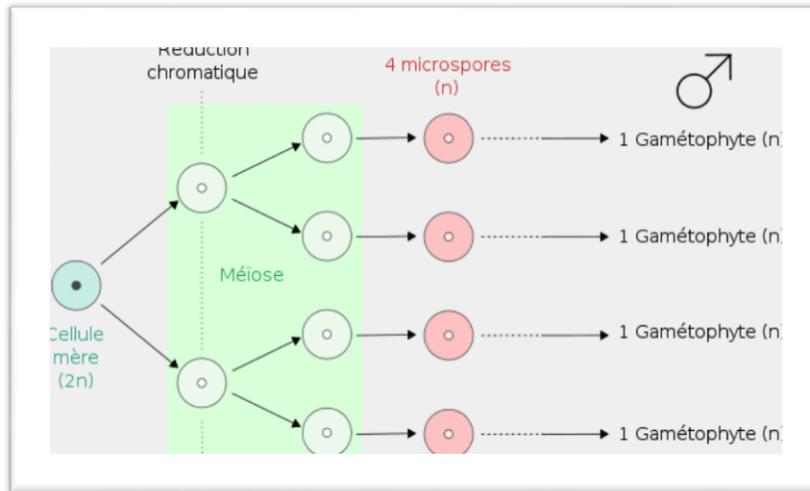


Figure 6. Formation des microspores dans les gymnospermes d'après Emmanuel (2007).

Le pollen se développe dans des sacs polliniques (**Figure 7**), qui s'ouvrent à maturité pour les libérer dans l'atmosphère (Guérin et Michel, 1993). Chez les Gymnospermes, les sacs polliniques sont nus ou à la face inférieure des écailles des cônes mâles. Chez les Angiospermes, les étamines (organes reproducteurs mâles) sont au centre de la fleur entourant le pistil (organe reproducteur femelle). Chaque étamine comporte une anthère (partie fertile) formée de 2 loges renfermant chacune 2 sacs polliniques où se forment les grains de pollen (Roland *et al.*, 2008 ; Kessler et Harly, 2011).

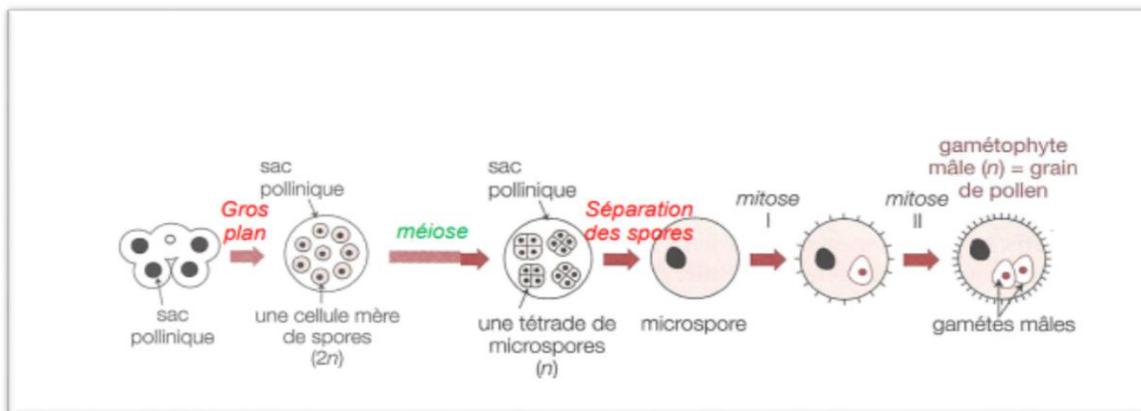


Figure 7. Étapes de la formation d'un grain de pollen : une vision simplifiée
D'après Kleiman (2001).

1-3-3 Libération des grains de pollen

A maturité des grains de pollen, tous les tissus de l'anthère se déshydratent, ce qui réduit la **surface** des parois externes des cellules de l'assise mécanique. La tension accumulée **provoque** la déhiscence de l'anthère (l'anthèse), généralement en deux fentes longitudinales. Les grains de pollen sont ainsi libérés dans le milieu environnant (Marouf, 2007).

1-4-Pollinisation

Chez les plantes à fleurs, la pollinisation est une reproduction avec transfert du pollen des étamines vers le stigmate (ou la partie réceptive des fleurs). Il existe deux types de pollinisation appelés autopolinisation et pollinisation croisée. La pollinisation intervient là où les ovules de la fleur germent et fécondent, rendant possible la production de graines et de fruits.

La pollinisation est une phase en alternance de générations : chaque grain de pollen est une plantule mâle haploïde, un gamétophyte, adapté pour être transporté jusqu'au gamétophyte femelle, à l'opprobre, où il peut obtenir la fécondation par la production du gamète mâle (ou gamètes, dans le processus de double fécondation), il germe et son tube pollinique pousse vers le bas un style à l'ovaire. Chez les angiospermes, ce sont les stigmates des carpelles, ou jusqu'aux ovules chez les gymnospermes.

Le transport du pollen peut être effectué par différents agents appelés vecteurs de pollinisation. Les vecteurs de pollinisation peuvent être biotiques, tels que les oiseaux, les insectes (principalement les abeilles), les chauves-souris, etc. ; comme abiotique, par exemple l'eau ou le vent.

Liste des pollinisations biotiques

Les pollinisations biotiques sont nombreuses, avec des appellations spécifiques en fonction du mode de pollinisation ou du type d'organisme impliqué. Voici les principaux noms de pollinisations :

- l'anémophile : pollinisation par le vent, concerne toutes les Gymnospermes et environ 20% des espèces d'Angiospermes. La plupart des arbres et des Graminées des régions tempérées sont pollinisés par le vent (Reece et *al.*, 2012). Les pollens anémophiles sont les principaux responsables des allergies polliniques dans nos régions tempérées,
- l'hydrophilie : pollinisation par l'eau,
- l'ornitophilie : les fleurs sont pollinisées par les oiseaux,

- la chiroptérophilie : pollinisation par les chauves-souris,
- l'entomophilie : pollinisation par les insectes, environ 65% des plantes à fleurs ont besoin d'insectes pour la pollinisation. Les abeilles sont les insectes pollinisateurs les plus importants, cette pollinisation peut se faire également par les papillons ou les mouches (Reece *et al.*, 2012).

1-5 Composition chimique du pollen

L'analyse chimique globale du pollen permettant la détermination de sa composition chimique (Pons, 1970). La majorité des composants du pollen apicole sont les carbohydrates (13 à 55%), les fibres (0.3 à 20%), les protéines (10 à 40%) et les lipides (1 à 10%). Les autres constituants sont des minéraux, vitamines, caroténoïdes, phénols, flavonoïdes, phytostérols. (Feás *et al.*, 2012). Le tableau suivant représente quelques pourcentages moyens des éléments des grains de pollen (**Tableau 2**).

Tableau 2. Composition chimique du pollen en pourcentage
(par rapport au poids sec) (Pons, 1970).

Principaux constituants	Pourcentage (%)
Eau : pollen frais	8 à 16
Pollen sec	3 à 5
Glucides (sources)	25 à 42
Lipides (corps gras)	1 à 20
Protides	11 à 29
Les protéines allergéniques	0.5 à 1
L'antigène E	0.5 – 6
L'antigène K	3
Sels minéraux	1 à 8
Cendres	5
Corps indéterminés (substances antibiotiques actives...)	20
Rutine	0.017
Pigments	Traces
Un grand nombre de vitamines (B1 jusqu'à B12, C, D, E, H)	0.015
Flavonoïdes, flavonones, diclicorsides stérols marindine apiginine	Traces

1-6 Propriétés et usage du pollen

Les grains de pollen sont la source la plus importante en protéines pour la survie des abeilles. Pendant leurs vols de collecte de pollen, les grains de pollen des fleurs sont recueillis sous forme de petites pelotes sur les pattes postérieures des butineuses. Le pollen ainsi collecté est stocké à l'intérieur de la ruche dans des alvéoles spécifiques, séparément de celles réservées au stockage du nectar. Par ailleurs, et pour des besoins alimentaires, l'apiculteur peut recueillir le pollen d'abeille, sous forme de pelotes, par l'installation d'un piège à pollen à l'entrée de la ruche (Almeida-Muradian, 2005).

Les pelotes de pollen d'abeilles peuvent être mono florale ou hétéro florale. En effet, les butineuses, dans leur vol de collecte de pollen, si elles ne trouvent pas une offre suffisante sur l'espèce choisie, elles visiteront les fleurs des autres espèces, et parfois mélangent les différents types de grains de pollen dans la même pelote. Ainsi, le pollen monoflorale garde les mêmes propriétés organoleptiques et biochimiques de la plante d'origine, tandis que les pelotes hétéro-florales ont des propriétés différentes (Stanley and Linskens, 1974). Sur le plan biochimique, en plus d'être une source importante de protéines, le pollen d'abeille contient également des glucides, des lipides, des minéraux, des vitamines, des cendres, de l'eau et d'autres substances (Tomas-Lorente *et al*, 1992). Le pollen contient, en outre, des pigments lipidiques provenant des anthères des fleurs. L'origine florale et la composition de ces pigments, nous permet par conséquent de distinguer plusieurs couleurs des pelotes de pollen, qui varient de blanc et crème au brun foncé, et les plus représentées sont le jaune, l'orange, le rouge, le vert et le gris (Stanley and Linskens, 1974).

Le pollen peut être utile dans certaines carences alimentaires, en administration quotidienne. Selon des études réalisées sur l'animal, il serait bénéfique pour la reproduction, la croissance, et le transit intestinal en traitant à la fois constipation et diarrhée. Il aurait également des propriétés antibiotiques notamment sur la salmonelle et servirait de fortifiant en cas de fatigue psychique ou physique. D'autres travaux relatent son action sur certaines affections hépatiques, sur l'hypertension ou dans les troubles de la prostate. Le pollen, grâce à ses constituants, présente donc un potentiel intéressant dans plusieurs domaines. (EL-Hady *et al.*, 1986)

2-Palynologie

2-1 Définition

La palynologie étudie les grains de pollen et les spores, qu'ils soient actuels ou fossiles. Dans ce dernier cas, on parle de paléopalynologie (Hyde et Williams, 1944).

Le terme de « palynologie » (du grec : répandre, saupoudrer, lui-même tiré de : mot farine, poussière pollinique), aujourd'hui universellement employé pour désigner l'ensemble des recherches scientifiques dont les grains de pollen et les spores sont l'objet ou le moyen (Pons 1970).

2-2 Historique

Le terme palynologie a été introduit le 15 juillet 1944 par les botanistes gallois H. A. Hyde et anglais D. A. Williams, qui étudiaient le « plancton » aérien, poussière transportée par les vents. (Leonard et *al.*, 1997). Durant de nombreuses années, en privilégiant comme axe de recherche la reconstitution des évolutions climatiques et des environnements anciens, la palynologie présentait l'image des sciences dites dures, ou se revendiquait d'elles. Elle opère, depuis le milieu des années quatre-vingt, un élargissement de ses thèmes de recherche, en se positionnant désormais comme une discipline clairement anthropocentrée (Bertrand, 1978).

Cette ouverture tardive de la palynologie aux problématiques de l'anthropisation du milieu naturel fait écho au recentrage et au développement récent des travaux sur l'histoire de l'environnement, dont les objectifs se situent dans une étude des relations entre l'environnement et les sociétés qui l'utilisent et le façonnent. Dorénavant, et sur les bases d'une écologie historique, l'histoire de l'environnement, et plus particulièrement celle des agrosystèmes ou des paysages, échappe à toute recherche individuelle. Facteurs naturels et sociaux deviennent indissociables et favorisent les démarches interdisciplinaires, tandis que le cadre de la longue durée -- du « temps long » cher à Braudel -- s'impose comme une constante méthodologique, celle d'une histoire, au sens large, débordant les périodisations académiques. Archéologie des terroirs et disciplines du paléoenvironnement concourent à décrypter de plus en plus finement et dans toute leur complexité les relations entre l'homme et les milieux (Bertrand, 1978).

Au XVIème siècle, c'est le développement de la botanique. Au XVIIème siècle, Grow et Malpighi inventent le microscope. Le pollen devient visible, il est observé et décrit. Vers 1930,

début la palynologie en Europe du nord. Von Post, botaniste hollandais, décrit des pollens dans un ouvrage (Pons, 1970).

En **1935**, Adehouse et Erdtmann publient un livre très documenté sur les pollens.

En **1944**, on assimile au mot pollen, les termes de pollen et de spore même si l'on sait que ceci est réducteur.

Vers **1950**, les pétroliers se sont intéressés au pollen du Trias que l'on retrouve dans les roches pièges. L'utilisation au laboratoire du microscope électronique (1960) permet une meilleure détermination des pollens.

Dans les années **1950**, Marie Madeleine Van Campo crée un laboratoire de palynologie à Paris puis à Montpellier. Elle est à l'origine de la revue « Pollens et Spores ».

Vers **1960**, un atlas des pollens est édité.

En **1967**, est créée l'association des palynologues français (Diot, 1998).

La palynologie qui s'intéresse à la l'étude des spores et des grains de pollen n'a cessé de se développer surtout avec l'invention du microscope électronique (Ketfi, 2016).

2-3 Application de la palynologie

La palynologie est un outil utile dans de nombreuses applications, y compris une enquête sur la production et la dispersion de pollen et de spores atmosphériques (aérobiologie), dans l'étude des allergies humaines, la fouille archéologique des épaves et l'analyse détaillée de l'alimentation des animaux (Jarzen et Nichols, 1996).

La palynologie se divise en deux grandes parties, la palynologie fondamentale et la palynologie appliquée. La plus importante application de la palynologie fondamentale est la classification des végétaux. Il existe par ailleurs plusieurs domaines d'application de la palynologie appliquée :

2-3-1-Mélistopalynologie

La mélistopalynologie est l'étude du pollen dans le miel, dans le but d'identifier les plantes sources utilisées par les abeilles dans la production de miel. Ceci est important pour les producteurs de miel parce que le miel produit par le pollen et le nectar de certaines plantes comme le mesquite, le sarrasin, les agrumes exigent un prix sur le marché plus élevé que celui

produit par d'autres sources végétales. Certaines plantes peuvent produire du nectar et du pollen nocifs pour la santé humaine. Une surveillance attentive des types de pollen présents dans le miel peut permettre d'identifier ces sources toxiques et le miel produit peut-être exclu du marché commercial. (Jarzen et McAllister, 1994).

La melissopalynologie a été largement utilisée pour déterminer la pureté, les origines géographiques et florales du miel. Il est également utilisé pour évaluer les corrélations avec des paramètres climatiques in situ tels que les précipitations et la température importants dans le contexte des facteurs externes influençant les pollinisateurs et les réseaux de pollinisation. (Louveaux, 1970 et Nascimento, 2014).

2-3-2-Paléopalynologie

La paléopalynologie est l'étude des microfossiles organiques que l'on trouve dans nos préparations de macération de roches sédimentaires, les microfossiles qui font l'objet de cette étude, consistent au moins en partie en molécules organiques très résistantes, habituellement sporopollénine, chitine ou "pseudochitine" (il y a quelques exceptions). Les palynomorphes sont également de consentement commun dans la plage de taille d'environ 5-5001.1.m (= micromètre = micron = μ). Beaucoup de mégaspores sont plus grandes, et certaines "graines" mégaspores du Paléozoïque tardif sont beaucoup plus grandes. Selon Potonie et Kremp, (1955), les espèces de Tuberculatisporites sont de 3000 μ m (= 3mm), et les mégaspores de Cystosporites sont encore plus grands : 3 x 8mm (Schopf, 1938).

L'exine du pollen, contrairement aux autres organes, se conserve bien dans les sédiments en l'absence d'oxydation, grâce à sa composition en sporopollénine. C'est un matériel inaltérable qui peut traverser les temps géologiques sans dommages (Cerceau et al, 1993).

2-3-3-Pharmacopalynologie

Le pollen est considéré parmi les aliments les plus riches en vitamines, acides aminés essentiels, protéines, acides gras, minéraux, enzymes et d'autres substances comme les flavonoïdes (Donadieu, 1983). De nombreuses propriétés thérapeutiques du pollen ont été identifiées par (Langler, 2002), il régularise divers troubles fonctionnels, en équilibrant la fonction de la flore intestinale, il agit sur le système hormonal en réduisant le stress et le vieillissement prématuré. Grâce à la présence de flavonoïdes dans sa composition, le pollen agit sur la circulation sanguine en renforçant les veines et les artères, il renforce le métabolisme cellulaire en raison de la présence d'une grande variété d'acides aminés, oligo-éléments et des

vitamines, éléments de synthèse des protéines. La consommation de pollen augmente les capacités physique et mentale.

2-3-4-Biopalynologie

Les grains de pollen sont porteurs de la moitié des chromosomes des végétaux supérieurs. Ils représentent de ce fait un important potentiel génétique pour les différentes opérations de l'amélioration des plantes. Cependant le pollen libéré dans l'atmosphère, à l'état tricellulaire se conserve naturellement seulement quelques heures, et dans certains cas quelques jours (Cerceau, 1959).

Le stockage à long terme des pollens bicellulaires pourrait permettre de constituer des banques de pollen comme celle entreprise en 1983 au laboratoire de palynologie du Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris (Cauneau, 1988).

En effet, les événements et les structures biopalynologiques peuvent être exploités pour les besoins de l'homme et permettent, par ailleurs, d'envisager de nouvelles solutions aux problèmes demeurés jusque-là en suspens dans le cadre d'une utilisation rationnelle des végétaux en agro-alimentaire, en horticulture, en arboriculture fruitière, ainsi qu'en médecine (Souvré et *al.*, 2014).

2-3-5-Paléoclimatologie

En paléoclimatologie (étude des climats anciens), la palynologie appliquée à des échantillons (issus de carottages par exemple) permet de connaître les végétaux présents à des périodes données, permettant ainsi de déduire les climats correspondants (par exemple la présence unique de Chénopodiacées correspond à un climat aride, la cohabitation de Chénopodiacées et d'Armoises indique plutôt un semi-désert) (Rossignol, 1997).

3- La Morphologie du pollen comme caractère d'intérêt en phylogénie

La base palynologique provient principalement des caractéristiques morphologiques du pollen, qui est un moyen important d'identification des populations (Jafari et Karimi, 2007 ; Quamar, et *al.*, 2018). Le pollen est constitué de grains de pollen, qui sont les microgamétophytes mâles produits par les étamines (organes sexuels mâles) des plantes à fleurs. Le pollen est porteur d'une grande quantité d'information génétique et se conforme aux tendances générales de l'évolution des plantes de la même façon que d'autres organes végétaux (Perveen, 2000).

Comme la structure du pollen est moins affectée par les facteurs environnementaux, le pollen présente un fort conservatisme génétique. Les formes, les tailles, les polarités, la décoration de surface, le nombre et les types d'organes germinatifs du pollen sont relativement stables et peuvent refléter les caractéristiques communes d'une famille ou d'un genre (Bahadur *et al.*, 2018 ; Kailas *et al.*, 2016). L'étude de la morphologie du pollen est utile pour déterminer l'origine et les relations évolutives entre les plantes, et fournit une base importante pour les études botaniques, archéologiques, géologiques et autres. En même temps, le pollen est un allergène saisonnier (Devender *et al.*, 2016), et l'étude de la structure du pollen peut fournir des matériaux clés pour l'analyse immunologique.

Partie 2

Partie pratique

1- Matériels et méthodes

L'objectif de ce mémoire était de mener une étude descriptive de la morphologie des grains de pollen de quelques espèces végétales spontanées de la Wilaya de Constantine via l'observation microscopique.

1-1 Matériel végétale

Le matériel végétal récolté provient de différents endroits de la wilaya de Constantine afin d'assurer la couverture de toute la zone d'étude.

L'identification de l'échantillon a été réalisée au laboratoire par observation sous la loupe des éléments caractéristiques et l'identification des espèces selon la flore d'Algérie de Quezel et Santa (1962). Le pollen prélevé, sous la loupe, et observé au microscope photonique aux grossissements (X50 puis X100).

1-1-1 Présentation de la région d'étude

La wilaya de Constantine est une des plus importantes du pays, elle est un carrefour entre l'Est et le Centre du pays et d'une autre part entre le Tell et les Hauts dans l'Est du pays. Le taux d'urbanisation de la wilaya est de plus de 94 %.

Un climat tempéré chaud est présent à Constantine. La pluie dans tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. Sur l'année, la température moyenne à Constantine est de 15.6 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 469 mm (fr.climate-data.org).

1-1-2 Présentation des espèces étudiées

Les grains de pollen de chaque espèce ont été récoltés dans la saison du printemps. Le tableau ci-dessous regroupe le nom, la provenance de chaque espèce ainsi que sa classification et sa date de récolte.

Tableau 3. Présentation des espèces étudiées

Nom Scientifique	Famille botanique	Lieu de récolte	Date de récolte
<i>calendula sp</i> (L.)	Asteraceae	Didouch mourad – Constantine	20/03/2022
<i>Erigeron bonariensis</i> (L.)	Asteraceae	Djbel ouahch Constantine	28/03/2022
<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr.	Asteraceae	Rue zighoud youcef – Constantine	20/03/2022
<i>Senecio gallicus</i> Vill.,	Asteraceae	Djbel ouahch – constantine	13/04/2022
<i>Vicia sativa</i> (L.)	Fabaceae	Ain smara – Constantine	20/04/2022
<i>Lotus ornithopodioides</i> (L.)	Fabaceae	Rue zighoud youcef – Constantine	19/04/2022
<i>Lathyrus ochrus</i> (L.) DC.,	Fabaceae	Rue zighoud youcef Constantine	20/04/2022
<i>Sinapis arvensis</i> (L.)	Brassicaceae	Djbel ouahch – constantine	28/03/2022
<i>Diplotaxis eruroides</i> (L.) DC.,	Brassicaceae	Ain smara- Constantine	28/03/2022
<i>Convolvulus tricolor</i> (L.)	Convolvulaceae	Stanya- didouch mourad –constantine	15/04/2022
<i>Cynoglossum officinale</i> (L.)	Boraginaceae	Djbel ouahch Constantine	15/04/2022

<i>Lantana camara</i> (L.)	Verbenaceae	Didouch mourad – consatantine	24/04/2022
<i>Lysimachia monelli</i> (L.) <i>U.Manns & Anderb.,</i>	Primulaceae	Chetaba - ain smara –constantine	19/04/2022
<i>Malva sylvestris</i> (L).	Malvaceae	Cite L ghrab – Constantine	25/03/2022
<i>Muscari comosum</i> (L.) <i>Mill.,</i>	Asparagaceae	Stanya – didouch mourad – Constantine	15/04/2022
<i>Myoporum laetum</i> <i>G.Forst.,</i>	Scrophulariales	Ain smara – Constantine	20/04/ 2022
<i>Myoporum tenuifolium</i> <i>G forst</i>	Myoporaceae	Stanya – dioduch mourad – Constantine	15/04/2022
<i>Pelargonium zonale</i> (L)	Geraniaceae	Stanya – didouch mourad – constantine	15/04/2022
<i>Ranunculus acris</i> (L)	Renonculaceae	Djbel ouahch - constantine	13/03/2022
<i>Vicia sativa</i> (L)	Fabaceae	Ain smara - constantine	20/04/2022
<i>Rosmarinus officinalis</i> (L.)	Lamiaceae	Stanya-didouch mourad – constantine	28/03/2022

2 -Méthode d'analyse

2-1- Analyse morphologique des grains de pollen

2-1-1- Prélèvement des grains de pollen

Le pollen est prélevé par simple agitation de l'anthère des fleurs avant l'anthèse afin d'éviter tout risque de contamination par un pollen étranger.

2-1-2-Préparation du pollen

La méthode de Wodehouse (1935) est utilisée pour s'assurer de l'abondance relative des grains de pollen et de leur état dans chaque échantillon prélevé. Le pollen est lavé plusieurs fois dans l'alcool absolu directement sur la lame, puis monté dans la gélatine glycéinée colorée par la fuschine. Les étapes sont les suivantes :

- S'assurer de la propreté du poste de travail. Si ce n'est pas le cas, le nettoyer avec de l'alcool,
- Préparer les différents produits et colorants à utiliser,
- Nettoyer les lames et les lamelles à l'alcool,
- Prélever les parties fertiles de la plante à l'aide d'une pince directement ou sous la loupe si l'élément est petit,
- Déposer une petite quantité du pollen à analyser sur une lame de microscope,
- Déposer sur l'échantillon entre 1 à 4 gouttes d'alcool, en laissant les gouttes s'évaporer partiellement. Un halo d'une substance huileuse se formera autour de l'échantillon sur la lame de microscope. Il faudra nettoyer ce halo en utilisant un coton-tige humidifié avec de l'alcool.

A ce stade il est souvent très utile de laisser sécher le mélange pollen /alcool. Les grains de pollen se fixeront ainsi sur la lame, et les opérations de lavage à l'alcool disperseront moins les grains vers les bords de la lame. Ces gouttes à gouttes de lavage par l'alcool devront se répéter 2, 3, 4 fois, en fonction de l'état du pollen.

- Ajouter une goutte de gélatine glycéinée phéniquée chaude. L'échantillon est homogénéisé et distribué en utilisant une aiguille,
- Pour que la gélatine ne durcisse pas, la lame est réchauffée en la passant sur la flamme d'un briquet,

- Finalement, la préparation doit être couverte avec une lamelle. Préparer de la même manière plusieurs lames (soit trois lames par échantillon).

-Préparation de la gélatine glycinée

- Hydrater 1 gr de gélatine en poudre dans 10 ml d'eau distillée,
- Ajouter 10 ml de glycérine et faire chauffer sous agitation dans un bain marie pendant plus de 1 heure.

2-1-3-Mesure du pollen

Les préparations du pollen montées dans la gélatine glycinée se conservent de façon durable, mais il est fortement déconseillé d'entreprendre les mesures avant la stabilisation définitive du volume des grains de pollen. Il est connu que les grains de pollen continuent à gonfler dans le milieu de montage pendant un certain temps. Ce temps de maturation peut varier d'une espèce à l'autre et dans les meilleurs des cas, il faut attendre au moins 4 semaines avant de commencer les mesures (Reitsma ,1969 in Siljak-Yakovlev, 1986).

Faegri et Deuse (1960) ont démontré qu'un long séjour dans la gélatine glycinée peut entraîner un gonflement de l'ordre de 10% au moins du diamètre de certains grains. Pons et Boulos (1972) ont trouvé 8 à 9% de différence entre les mesures effectuées juste après le montage et celles faites un mois plus tard. Les mêmes auteurs indiquent que ce gonflement peut s'étaler sur quatre mois. En outre, la taille du pollen change et se trouve directement proportionnelle au taux de compression imposé au grain par la lamelle.

La terminologie utilisée pour la description des grains de pollen est celle d'Erdtman (1952) et de Punt *et al.* (1994) :

- La forme et la symétrie du grain de pollen,
- Les dimensions de l'axe polaire (P) et de l'axe équatorial (E),
- Le nombre des apertures.

Les observations et les photographies sont réalisées avec photomicroscope de type LEICA DM4000 B LED (x50).

Des mesures effectuées sur les grains de pollen ont contribué à leur identification. L'axe polaire (P) et l'axe équatorial (E) sont mesurés sur 30 grains pour pouvoir calculer la moyenne. Les mesures sont effectuées avec un logiciel Méta Morphe MM AF 1.8.

Résultats et discussion

La palynologie s'intéresse à l'étude du pollen, organe reproducteur mâle des plantes à fleurs. Un pollen est souvent spécifique d'un groupe végétal (famille, genre), parfois même de l'espèce. Il est maintenant admis que les caractères palynologiques sont susceptibles de donner des renseignements intéressants dans les études de systématique et permettent de comprendre l'évolution des végétaux.

Parmi les espèces végétales présentant un recouvrement assez important dans la région d'étude, nous avons choisi 21 espèces lors de l'enquête sur terrain et au cours de la période de floraison. Ces espèces sont citées dans le **tableau 4**. Une description du pollen observé ainsi que des photographies des observations microscopiques ont été faites pour chaque espèce étudiée.

- Les mesures effectuées avec les différents calculs sont regroupés dans le **tableau 4**.
- Les photos des espèces étudiées sont regroupées dans les **figures 8 et 9**.
- Les photographies des grains de pollen sont présentées par 5 figures (**10,11,12,13 et 14**). Chaque figure contient au maximum 4 espèces numérotées.
- (a,b) indique une vue polaire du pollen et (c,d) indique une vue équatoriale.



Figure 8. Photos des différentes espèces étudiées : **a-** *Calendula sp* L.; **b-** *Erigeron bonariensis* L.; **c-** *Glebionis segetum* . Fourr; **d-** *Senecio gallicus* Vill; **e-** *Vicia sativa* L.; **f-** *Lotus ornithopodioides* L.; **g-** *Lathyrus ochrus* L. DC; **h-** *Sinapis arvensis* L.; **i-** *Diplotaxis eruroides* L. DC; **j-** *Convolvulus tricolor* L.; **k-** *Cynoglossum officinale* L.; **l-** *Lantana camara* L.



Figure 9. Photos des différentes espèces étudiées : **m**-*Lysimachia monelli* L.; **n**-*Malva sylvestris* L.; **o**- *Muscari comosum* L. Mill.; **p**- *Myoporum laetum* G. Forst; **q**- *Myoporum tenuifolium* G. Forst; **r**-*Pelargonium sp* L.; **s**- *Ranunculus acris* L.; **t**- *Vinca major* L.; **u**- *Rosmarinus officinalis* L.

Tableau 4. les mesures des deux diamètres P et E et l'aspect morphologiques des grains de pollen étudiés.

Nom de la plante	Mesure du pollen		Rapport P/E		Type pollinique
	Axe polaire	axe equatorial			
<i>Calendula sp</i> (L.)	32.6 (± 1.83)	34.33 (± 1.90)	0.95	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Erigeron bonariensis</i> (L.)	21.88 (± 0.92)	22.74 (± 1.17)	0.96	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr	25.27 (± 1.58)	28.17 (± 1.23)	0.9	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Senecio gallicus</i> Vill	22.71(± 0.75)	22.82 (± 1.00)	1	P=E pollen équiaxe	sphéroïdal
<i>Vicia sativa</i> (L.)	41.16 (± 1.40)	28.30 (± 0.90)	1.45	P>E pollen longiaxe	Prolé
<i>Lotus ornithopodioides</i> (L.)	17.68 (± 0.81)	12.06 (± 0.72)	1.47	P>E pollen longiaxe	Prolé
<i>Lathyrus ochrus</i> (L.) DC	44.73 (± 2.22)	31.63 (± 0.99)	1.41	P>E pollen longiaxe	Prolé
<i>Sinapis arvensis</i> (L.)	23.38 (± 0.80)	24.4 (± 0.78)	0.96	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Diplotaxis erucoïdes</i> (L.) DC	22.74(± 0.90)	23.9 (± 1.10)	0.95	P<E pollen bréviaxe	oblé

<i>Convolvulus tricolor</i> (L.)	8.52 (± 1.36)	10.03 (± 1.43)	0.92	P>E pollen longiaxe	Prolé
<i>Cynoglossum officinale</i> (L.)	15.65 (± 0.64)	17.42 (± 0.56)	0.9	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Lantana camara</i> (L.)	22.31 (± 1.32)	24.24 (± 1.29)	0.92	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Lysimachia monelli</i> (L.) <i>U.Manns & Anderb</i>	19.09 (± 0.75)	19.06 (± 0.96)	1	P=E pollen équiaxe	sphéroidal
<i>Malva sylvestris</i> (L.)	18.87 (± 1.12)	18.92 (± 0.96)	1	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.	40.44 (± 3.99)	29.76 (± 3.03)	1.36	P>E pollen longiaxe	Prolé
<i>Myoporum laetum</i> G.Forst.	25.3 (± 1.33)	28.04 (± 1.12)	0.9	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Myoporum tenuifolium</i> G forst	25.35 (± 1.22)	28.25 (± 1.18)	0.9	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>Pelargonium SP</i> (L.)	65.4(± 3.26)	60.45(± 2.85)	1.08	P>E pollen longiaxe	Prolé
<i>Ranunculus acris</i> (L.)	22.97 (± 1.02)	24.15 (± 0.81)	0.95	P<E pollen bréviaxe	oblé
<i>vinca major</i> (L.)	29.5 (± 1.36)	36.5 (± 0.43)	0.80	P<E pollen bréviaxe	Prolé
<i>Rosmarinus officinalis</i> (L.)	165.53 (±11.02)	195.14 (± 10.71)	0.85	P<E pollen bréviaxe	oblé

1- La famille des Asteraceae

La famille des Astéracées, également appelée Composées, est une très grande famille de plantes dont font partie les marguerites, les pâquerettes, les tournesols et les dents-de-lion. C'est la plus grande famille de plantes, avec celle des Orchidées, représentée par 32913 espèces réparties en 1911 genres.

1-1- Pollen de l'espèce *calendula sp.*

Calendula est un genre d'environ 20 espèces de plantes herbacées annuelles ou vivaces, originaires de la région méditerranéenne et de Macaronésie. Feuilles alternes, capitules hétérogames, radiés. Anthères aiguës ou acuminées à la base mais non caudées. Fleurs hermaphrodites stériles à style entier ou un peu bilobé, Akènes de forme variable mais sans aigrette.

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *calendula sp* (L.) est de 32.6 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($30\mu\text{m} < P > 40\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate et tricolporé (trois ouvertures en forme de sillons et trois pores). Type d'exine : échinata, En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig.10-1**).

Karna (2017) a trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *calendula sp* (L.) est de 33 μm . En vue équatoriale le pollen est moyen ($30\mu\text{m} < P > 40\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine : echinata, En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée ou circulaire. Nos résultats sont similaires avec la littérature sauf dans P/E.

1-2 Pollen de *Erigeron bonariensis*

Erigeron bonariensis (L.) Cronquist, Asteraceae) est devenue l'une des mauvaises herbes les plus gênantes dans le monde en raison de sa présence généralisée, prononcée l'ingérence et la gestion des contestations. Elle est originaire d'Amérique du Sud et a envahi un grand nombre de pays d'Afrique, d'Asie-Pacifique et d'Europe (Trezzi et *al.*, 2013).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Erigeron bonariensis* est de 21.88 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$),

isopolaire, prolata-sphéroïdale et tricolporé. Type d'exine : echinate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig 10-2**).

Uber *et al.* (2021) ont trouvé que : Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Erigeron bonariensis* (L.) est de 20.85 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), équiaxe ($P=E$), isopolaire, prolata et tricolporé (trois ouvertures en forme de sillons et trois pores). Type d'exine : echinate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Donc, on conclut que les résultats sont identiques.

1-3 Pollen de *Glebionis segetum*

Glebionis segetum (L.) est une espèce de plante à fleurs de la famille des Asteraceae, probablement originaire uniquement de la région méditerranéenne orientale, mais aujourd'hui naturalisée en Europe occidentale et septentrionale ainsi qu'en Chine et dans certaines parties de l'Amérique du Nord.

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Glebionis segetum* (L.) est de 25.27 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P<E$), isopolaire, oblate et tricolporé. Type d'exine : echinate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée ou circulaire (**Fig. 10-3**).

Le travail de Abd El-Twab *et al.* (2017) montre que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Glebionis segetum* (L.) est de 25 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P<E$), isopolaire, oblate et tricolporé. Type d'exine : echinate. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Nos résultats sont similaires à ces travaux.

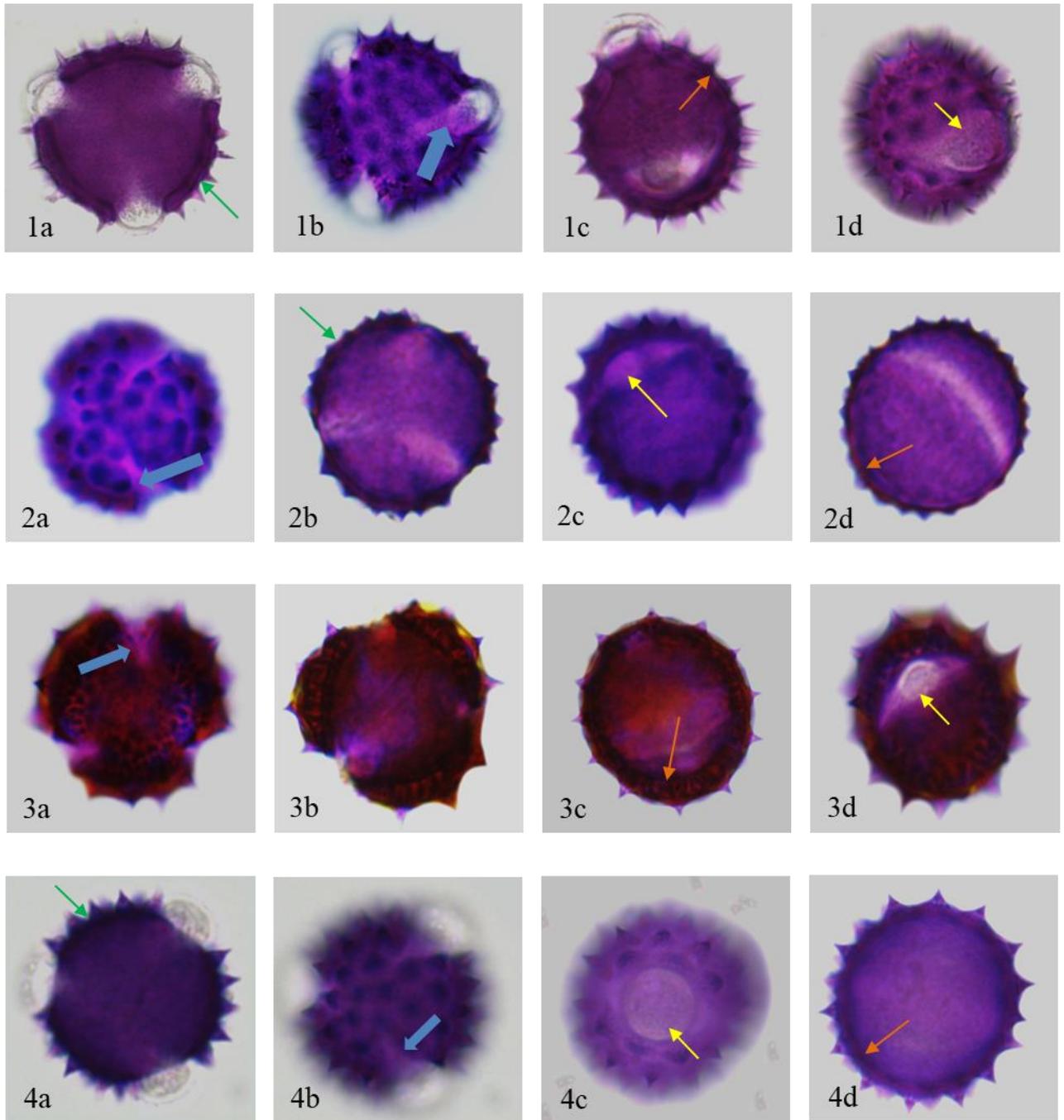


Figure 10. Photographies des grains de pollen : (1) *Calendula sp.*, (2) *Erigeron bonariensis*, (3) *Glebionis segetum* L., (4) *Senesio galicus* vill. (a,b) vue polaire et (c,d) vue equatorial.

-  Sillon
-  pore
-  intine
-  exine

1-4- Pollen de *Senecio gallicus*

Senecio gallicus est une herbacée annuelle commune dans les pelouses, les champs et les vignes du Midi. Les feuilles, alternes et embrassantes, sont profondément divisées et portent une pilosité très variable. Les capitules terminaux forment un corymbe peu fourni. L'involucre est composé de bractées égales, en un seul rang. Toutes les fleurs sont jaunes, celles du centre sont tubulées, celles de la périphérie pourvues d'une ligule à trois dents. Les fruits sont noirs et velus, pourvus d'une aigrette.

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Senecio gallicus* Vill est de 22.71 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), équiaxe (P=E), isopolaire, sphéroïdale et tricolporé. Type d'exine : echinate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée ou circulaire (**Fig. 10-4**).

Rosa *et al* (2017) ont trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Senecio gallicus* Vill est de 22.80 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), équiaxe (P=E), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine : echinate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée ou circulaire. Donc, on conclut que les résultats sont identiques.

2-La famille des Fabaceae

Les Fabaceae (Légumineuses), sont une famille de plantes dicotylédones de l'ordre des Fabales. C'est l'une des plus importantes familles de plantes à fleurs, la troisième après les Orchidaceae et les Asteraceae par le nombre d'espèces. Elle compte environ 765 genres regroupant plus de 19 500 espèces. Sur le plan économique, les Fabacées sont la deuxième famille en importance après les Poacées et constituent une source de protéines végétales indispensable pour l'alimentation humaine et animale.

2-1 Pollen de *Vicia sativa*

Vicia Sativa une plante à croissance rapide qui germe, s'accroît, fleurit, fructifie et meurt. On la considère comme annuelle, bien que parfois elle puisse germer en automne pour fleurir l'année suivante. Sa morphologie est extrêmement variable et se recoupe parfois d'un type à l'autre. Fleur : Corolle irrégulière (zygomorphe), mauve rouge, 10-30 mm de long. Cinq pétales ; le pétale dressé a la forme d'un étendard. Feuilles alternes, pétiole court sessiles, stipulées. Limbe penné,

1-7 paires, foliole terminale vrillée. Les fruits sont des gousses charnues qui peuvent avoir de 5 à 10 cm de long (Chaux et Foury, 1994).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Vicia sativa* (L.) est de 41.16 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine : Verrucate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée ou circulaire (**Fig. 11-5**).

En comparant notre résultat avec le travail de Auer (2021) qui a trouvé que Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Vicia sativa* (L.) est de 28 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine : Verrucate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée ou circulaire. Les résultats concernant cette espèce sont les mêmes.

2-2 Pollen de *Lotus ornithopodioides*

Le *lotus ornithopodioides*, le trèfle du pied de l'oiseau du Sud, est une espèce de plante herbacée annuelle de la famille des Fabaceae. Elles ont une forme de croissance autoportante et des feuilles larges composées. Les individus peuvent atteindre 5 cm de hauteur (Stephen, 2002).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lotus ornithopodioides* (L.) est de 17.68 μm . En vue équatoriale, le pollen est petit ($10\mu\text{m} < P > 20\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine : psilate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est triangulaire (**Fig. 11-6**).

Selon Halbritter et Heigl (2021), le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lotus ornithopodioides* (L.) est de 18 μm . En vue équatoriale, le pollen est petit ($10\mu\text{m} < P > 20\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine : psilate, En vue polaire, la forme du grain de pollen est triangulaire. Donc, on conclut que les résultats sont identiques.

2-3 Pollen de *Lathyrus ochrus*

Lathyrus ochrus (L.), la vesce chypriote, est une espèce de plante herbacée annuelle de la famille des Fabaceae. Ce sont des grimpeurs et ont des feuilles composées et larges. Les fleurs sont visitées par les queues d'hirondelle du vieux monde et *Oxythyrea funesta*.

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lathyrus ochrus* (L.) est de 44.73 μm . En vue équatoriale, le pollen est petit ($10\mu\text{m} < P < 20\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine, réticulé. En vue polaire la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig. 11-7**).

Selon Heigl et Auer (2021), le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lathyrus ochrus* (L.) est de 28 μm . En vue équatoriale, le pollen est petit ($10\mu\text{m} < P < 20\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata et tricolporé. Type d'exine : réticulé, En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. A l'exception du diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen, le reste des résultats est similaire.

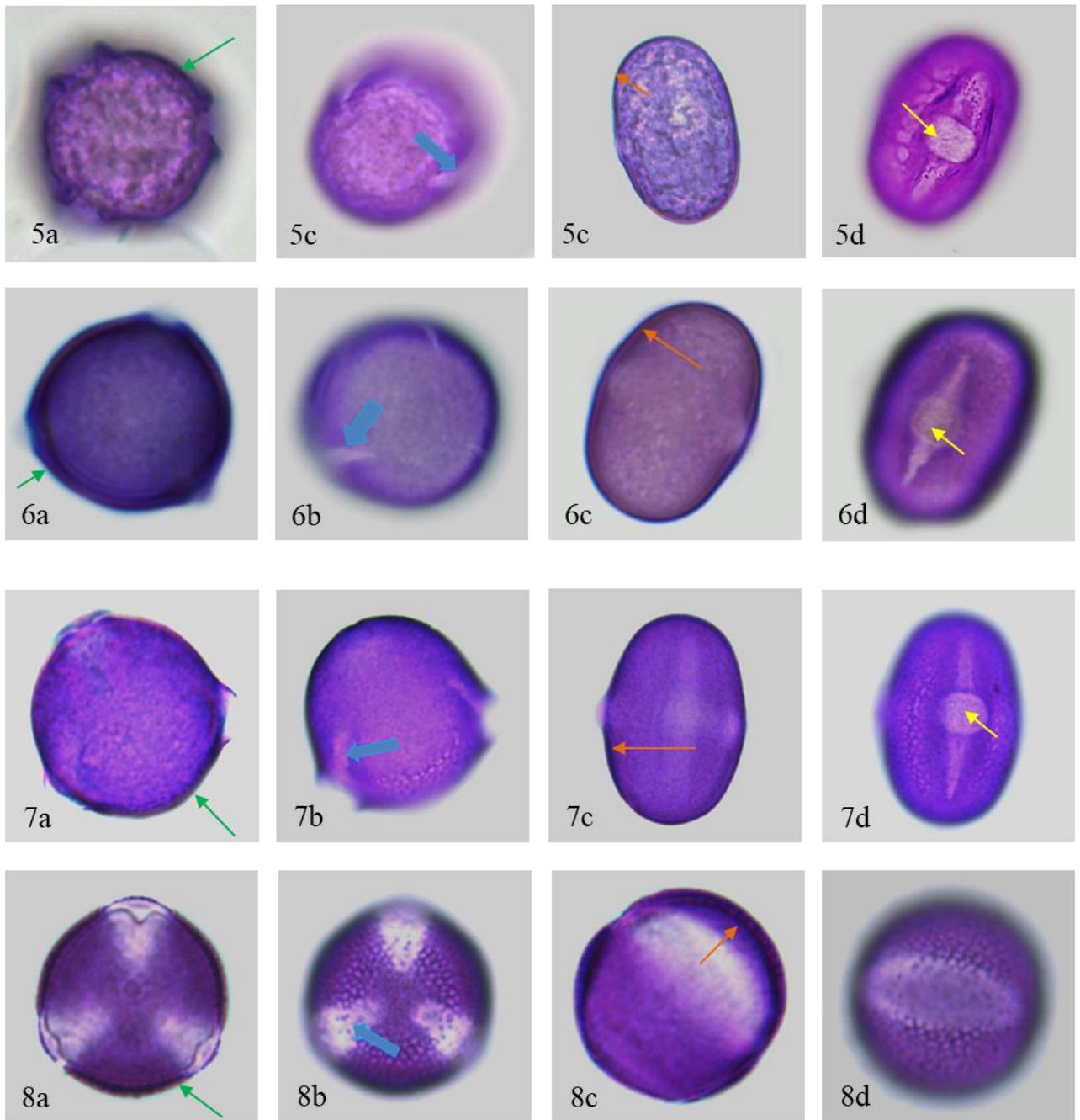


Figure 11. Photographies des grains de pollen : (5) *Vicia sativa* L , (6) *Lotus ornithopodioides* L, (7) *Lathyrus ochrus* L., (8) *Sinapis arvensis* L.

3-La famille des Brassicacées

L'importante famille des Brassicaceae, anciennement crucifères, regroupe des plantes dicotylédones. En classification classique, elle comprend 3 200 espèces réparties en 350 genres dont 78 en France. Ce sont essentiellement des plantes herbacées surtout présentes dans l'hémisphère nord à l'état sauvage ou cultivé, principalement pour la production d'huile (à usage alimentaire et industriel), pour l'alimentation humaine et animale, ou comme plantes d'ornement (Gledhill, 2008).

3-1 Pollen de *Sinapis arvensis*

Sinapis arvensis (L.), la moutarde du charlock, moutarde des champs, moutarde sauvage ou charlock, est une plante annuelle ou annuelle d'hiver du genre *Sinapis* dans la famille des Brassicacées. On le trouve dans les champs d'Afrique du Nord, d'Asie et d'Europe. Elle est une plante velue-hérissée de 30 à 80 cm de hauteur, Les feuilles inférieures sont lyrées, Les racèmes sont dressés et portent de 20 à 40 fleurs jaune soufre (Reader's, 1981).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Sinapis arvensis* (L.) est de 23.38 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate-sphéroïdale et tricolpé (trois apertures en forme de sillons). L'exine est réticulée, En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig. 11-8**).

En comparant notre résultat avec le travail de Heigl (2020) qui a trouvé que Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Sinapis arvensis* (L.) est de 33.5 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($30\mu\text{m} < P > 40\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate et tricolpé., exine réticulée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Les résultats sont identiques sauf pour le diamètre polaire (P) des grains de pollen qui est moyen.

3-2 Pollen de *Diplotaxis eruroides*

Diplotaxis eruroides (L.), la fusée blanche ou wallrocket blanche, est une espèce d'herbe annuelle de la famille des Brassicacées originaire de la Méditerranée occidentale, Plante herbacée à tige érigée, d'une hauteur comprise entre 15 et 50 cm. Tige à poils appliqués, souvent de couleur jaunâtre à rougeâtre. Nombreuses feuilles basales en rosette, longues, pennatifides à segments légèrement dentés, à nervure centrale blanche nettement marquée. Feuilles caulinaires plus rares, engainant plus ou moins la tige et tombant rapidement (Sandro, 1982).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Diplotaxis erucoïdes* (L.) est de 22.74 µm. En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate et tricolporé, exine réticulée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig. 12-9**).

En comparant notre résultat avec le travail de Svojtka (2020) qui a trouvé que Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Diplotaxis erucoïdes* (L.) est de 27 µm. En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, prolata et tricolpé (trois ouvertures en forme de sillons). Type d'exine : réticulée, En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Donc, en conclu que les résultats sont identiques sauf dans le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen et P/E.

4- La famille des Convolvulaceae

Les Convolvulaceae (Convolvulacées) sont une famille de plantes dicotylédones de l'ordre des Solanales (proche des Solanaceae) qui comprend une soixantaine de genres et environ 1 950 à 2 000 espèces, à répartition quasi-cosmopolite. Les deux genres, *Convolvulus* et *Ipomoea*, regroupent plus d'un tiers des espèces de la famille. Dans les classifications phylogénétiques APG et APGII, cette famille est étendue et inclut les Cuscutaceae et les Humbertiaceae (cette dernière comprenant seulement *Humbertia madagascariensis*, grand arbre endémique de Madagascar).

Les convolvulaceae sont présentes dans toutes les régions tropicales et subtropicales, régions dans lesquelles la famille est la plus diversifiée (on y trouve 90 % des espèces) (Sakshi, 2018).

4-1 Pollen de *Convolvulus tricolor*

Convolvulus tricolor (L.), est une espèce de plante à fleurs de la famille des Convolvulacées, originaire de l'Europe méditerranéenne. Noms communs comprennent nain matin-gloire, convolvulus tricolore, et belle de jour, C'est une plante annuelle courte à moyenne avec des fleurs solitaires à longues tiges. La fleur est une fleur en forme d'entonnoir tricolore d'environ trois centimètres de large, bleue avec du blanc et un centre jaune (Anne, 1984).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Convolvulus tricolor* (L.) est de 8.52 µm. En vue équatoriale, le pollen est petit ($5\mu\text{m} < P > 15\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$) isopolaire, prolata et tricolpé (trois ouvertures en forme de sillons). En vue polaire, la forme du grain de pollen est sub-triangulaire (**Fig. 12-9**).

Weber (2016) et Yusuf *et al.* (2002), ont trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Convolvulus tricolor* est de 38 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, prolata et tricolpé (trois ouvertures en forme de sillons), exine réticulée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Donc, ont conclu que les résultats sont identiques sauf dans le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen.

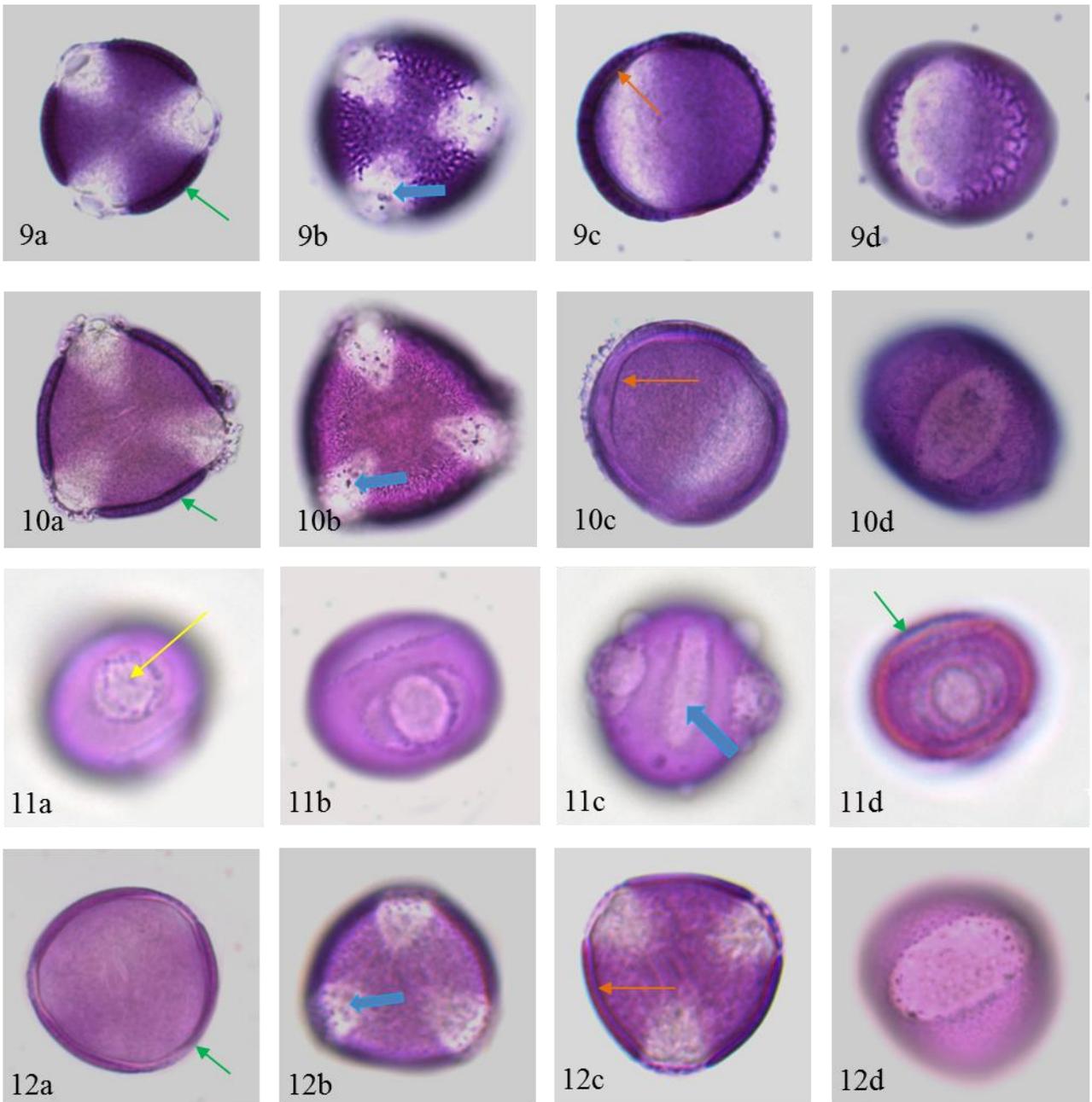


Figure 12: Photographies des grains de pollen: (9) *Diplotaxis erucooides* , (10) *Convolvulus tricolor* (L), (11) *Cynoglossum officinale* (L), (12) *Lantana camara* (L).

5- La famille des Boraginacées

Les Boraginacées ou Boraginaceae forment une famille de plantes dicotylédones. Le nom vient du genre type Borago, du latin burra, « bure ; étoffe grossière en laine ; étoffe à longs poils », et du suffixe latin -ago, « action ou état », en référence aux feuilles très velues de ces plantes. Ce nom remonterait au Moyen Âge (Tourn, 1700).

Tournefort, en 1700 nomma la plante Borrigo (avec deux « r »). En 1753 Linné renomma le genre Borago (un seul « r »), cependant en 1947 Fournier persiste à nommer le genre Borrigo Tourn. (1700).

5-1 Pollen de *Cynoglossum officinale*

Le *cynoglossum officinale* (L.), langue de chien, fleur de gypse, rats et souris en raison de son odeur) est une plante herbacée de la famille des Boraginaceae. Elle peut être annuelle ou bisannuelle. Les feuilles sont grisâtres et à poil doux, lancéolées à oblongues. Les fleurs en entonnoir violet rougeâtre fleurissent entre mai et septembre (Soteroula, 1993).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Cynoglossum officinale*, est de 15.65 μm . En vue équatoriale, le pollen est petit ($15\mu\text{m} < P > 25\mu\text{m}$), brevixaxe ($P < E$), isopolaire, oblate et tricolporé (trois ouvertures en forme de sillons), En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig. 12-10**).

Halbritter et Heigl (2020) a trouvé que Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Cynoglossum officinale* (L.), est de 10 μm . En vue équatoriale, le pollen est small ($10\mu\text{m} < P > 20\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, prolata et tricolporé.. En vue polaire, la forme du grain de pollen est triangulaire. Les résultats sont identiques sauf la forme de grain de pollen en vue polaire.

6-La famille des Verbenaceae

La famille des Verbenaceae (Verbénacées) regroupe des plantes dicotylédones. Ce sont des arbres, des arbustes, des plantes herbacées et des lianes, producteurs d'huiles essentielles, largement répandus autour du monde et plus particulièrement dans les zones tropicales et tempérées. Ils supportent les milieux arides mais sont absents du nord et du centre de l'Eurasie.

Le nom vient du genre type Verbena, issu du latin. Selon Fournier « Sous-entendu herba, désignant toute plante sacrée servant, dans la Rome antique à "frapper" un traité ; même racine

que verberare, frapper ; a désigné ensuite diverses plantes médicinales ou magiques, dont la Verveine » (Paul, 1990).

6-1 Pollen de *Lantana camara*

Lantana camara (L.), (lantana commun) est une espèce de plante à fleurs de la famille des Verbenaceae, originaire des tropiques américains. Le *Lantana camara* est un arbuste vivace, érigé et étalé, qui pousse généralement jusqu'à environ 2 m de haut et forme des fourrés denses dans une variété d'environnements. Dans les bonnes conditions, cependant, il peut se précipiter dans les arbres et peut atteindre 6 mètres de haut. En raison de l'élevage sélectif étendu tout au long du 17^{ème} et 18^{ème} siècle pour une utilisation comme plante ornementale, il y a maintenant beaucoup de différents cultivars de *L. camara* (Floridata, 2007).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lantana camara* (L.), est de 23.31 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), brevixaxe (P<E), isopolaire, oblate et tricolpé (trois ouvertures en forme de sillons), exine réticulée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée (**Fig. 12-11**).

En comparant notre résultat avec le travail de Karna (2019), le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lantana camara*, est de 36 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($30\mu\text{m} < P > 40\mu\text{m}$), brevixaxe (P<E), isopolaire, prolata et tricolporé exine réticulée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Nos résultats concordent avec la littérature.

7- La famille des Primulaceae

Les Primulaceae (Primulacées) sont une famille de plantes dicotylédones qui comprend 1 000 espèces réparties en une vingtaine de genres. Ce sont des plantes herbacées, le plus souvent pérennes, souvent rhizomateuses ou tubéreuses des régions froides à tropicales. Cette famille est particulièrement présente dans les régions tempérées de l'hémisphère nord. Le nom vient du genre type *Primula*, du latin *Primulus*, « tout premier », sous-entendu ver - veris « du Printemps », nom vernaculaire traditionnel de ces plantes en français et en italien (Paul-Victor, 1990).

7-1 Pollen de *Lysimachia monelli*

Lysimachia monelli (L.), le pimpernel bleu ou pimpernel de jardin (anciennement connu sous le nom d'*Anagallis monelli*) est une espèce de plante à fleurs de la famille des Primulacées, originaire de la région méditerranéenne. Plante vivace avec une base de tige ligneuse, Ses tiges atteignent 10 à 50 cm de hauteur, feuilles alternes ou en verticille de 3 feuilles, Fleurs étalées, à pédoncule long de 2 à 3 centimètres, fleurs bleu vif ou rouge vif, Les sépales sont plus courts que les pétales (Bsbi List, 2007).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lysimachia monelli*, est de 19.09 μm . En vue équatoriale, le pollen est petit ($10\mu\text{m} < P > 20\mu\text{m}$), longiaxe (P=E), isopolaire, sphéroïdale et tricolporé, exine réticulée, En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobé (**Fig. 12-13**).

Halbritter et Auer (2020) ont trouvé que Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Lysimachia monelli* (L.), est de 18.01 μm . En vue équatoriale, le pollen est petit ($10\mu\text{m} < P > 20\mu\text{m}$), longiaxe (P=E), isopolaire, prolata et tricolporé, exine réticulée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est lobée.

8 -La famille des Malvacées

Les Malvaceae (Malvacées) sont une famille de plantes dicotylédones cosmopolite (absente uniquement des régions très froides), d'arbrisseaux, d'arbustes et d'herbes annuelles ou vivaces, plus rarement d'arbres, comprenant 4 225 espèces réparties en 244 genres (Maarten, 2016).

8-1 Pollen de *Malva sylvestris*

Malva sylvestris (L) est une espèce considérée comme l'espèce type du genre *Malva*. Connue sous le nom de mauve commune aux Européens anglophones, elle a acquis les noms communs de fromages, de haute mauve et de grande mauve (mauve des bois par les Français). L'une des principales régions que *Malva sylvestris* cultive est le nord-est et le centre de l'Iran. Aussi en Afrique du Nord, les feuilles sont portées sur la tige, sont arrondies, avec de nombreux lobes, chaque 2-4 centimètres (Stewart, 2008).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Malva sylvestris* est de 18.87 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), équiaxe (P=E),

isopolaire, sphéroïdale et pantoporé (des pores distribués sur toute la surface), exine : echinate. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig.13-14**).

En comparant les résultats de ce travail avec ceux de Halbritter et Auer (2020), on constate que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Malva sylvestris* est de 100 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($100\mu\text{m} < P$), équiaxe ($P=E$), isopolaire, sphéroïdale et Pantoporé (des pores distribués sur toute la surface), exine echinate. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Donc, on conclut que les résultats sont identiques sauf pour le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen.

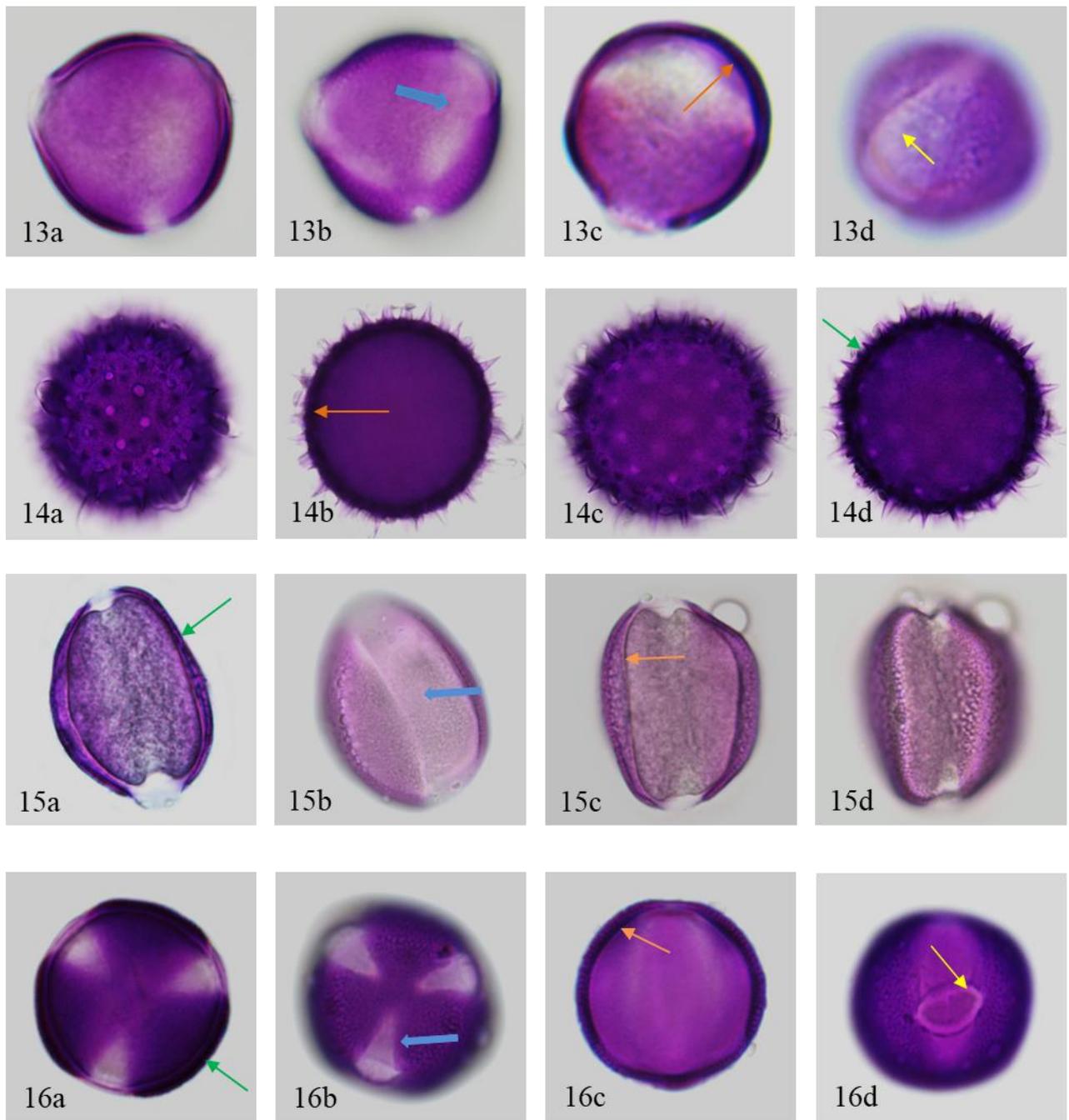


Figure 13. Photographies des grains de pollen : (13) *Lysimachia monelli* L. (14) *Malva sylvestris* , (15) *Muscari comosum* L.,(16) *Myoporum laetum*.

9- La famille des Asparagaceae

Les Asparagaceae (Asparagacées) sont une famille de plantes monocotylédones. Cette famille n'existe pas en classification classique de Cronquist (1981) qui inclut ces plantes dans les Liliacées. Les Asparagacées sont généralement originaires des régions tempérées chaudes et subtropicales, où elles sont largement répandues. Le nom vient du genre *Asparagus* qui vient du grec *ασπαραγος* (asparagos) asperge, nom de ces plantes (Paul-Victor, 1990).

9-1 Pollen de *Muscari comosum*

Muscari comosum (L.) est une plante bulbeuse vivace. Habituellement appelée jacinthe ou jacinthe de raisin elle fait partie d'un certain nombre d'espèces et de genres également appelés jacinthes de raisin. On le trouve dans les sols rocheux et les zones cultivées, comme les champs de maïs et les vignobles dans la région méditerranéenne, mais il s'est naturalisé ailleurs. Dans le sud de l'Italie et de la Grèce, son bulbe est un délice culinaire, Décrite par Oleg Polunin comme « une plante remarquable, la tige de la fleur est haute de 20 à 60 cm, les fleurs mûres fertiles mesurent de 5 à 10 mm de long, les feuilles linéaires mesurent de 5 à 15 mm de large, avec un canal central, dans un cultivar appelé « Monstrosum » ou « Plumosum » (Oleg, 1969).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Muscari comosum* (L.) est de 40.44 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), Heteropolaire, prolata et monocolpé, exine réticulée, En vue polaire, la forme du grain de pollen est elliptique (Fig. 13-15).

Halbritter et Heigl (2020) a trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Muscari comosum* (L.) est de 41 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), heteropolaire, oblate et monocolpé, exine réticulée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est elliptique. Résultats sont similaires.

10- La famille des Scrophulariales

La famille des Scrophulariaceae est une famille de plantes dicotylédones. Ce sont des plantes herbacées, plus rarement des arbustes ou des arbres, à fleurs irrégulières, comprenant environ 3 000 espèces réparties en 280 genres largement répandues autour du monde (Becker, 1957).

10-1 Pollen de *Myoporum laetum*

Myoporum laetum, communément connu sous le nom de ngaio ou de mousehole est une plante de la famille Scrophulariaceae endémique à la Nouvelle-Zélande, y compris les îles Chatham. C'est un arbuste à croissance rapide. Les fleurs sont blanches avec des taches pourpres et sont portées par groupes de 2 à 6 sur des tiges de 7 à 15 millimètres (0,3 à 0,6 po) de longueur. Il y a 5 sépales pointus en forme d'œuf et 5 pétales joints à leur base pour former un tube en forme de cloche de 3,5 à 4,5 millimètres (0,1 à 0,2 po) de long. Les lobes des pétales mesurent de 4,5 à 5,5 millimètres (0,18 à 0,22 po), ce qui donne un diamètre de 15 à 20 millimètres (0,6 à 0,8 po). Il y a quatre étamines qui s'étendent légèrement au-delà du tube pétale et l'ovaire est supérieur avec 2 locules (Dawson *et al.*, 2000).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Myoporum laetum* G.Forst est de 25.3 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P < 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate, et tricolpé (3 ouvertures en forme de sillons). En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig.13-16**).

Sergei *et al.* (2015) ont trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Myoporum laetum* G.Forst est de 30 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P < 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate, et tricolpé (3 ouvertures en forme de sillons). En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire.

11- La famille des Myoporaceae

La famille Myoporaceae (Myoporacées) Il s'agit d'arbustes et d'arbres qui ont des feuilles caduques et simples, qui sont disposées en spirale, et plus rarement de manière opposée. Ces plantes comportent des fleurs disposées en cymes ou qui sont parfois solitaires.

11-1 Pollen de *Myoporum tenuifolium*

Myoporum tenuifolium G.Forst est une plante de la famille des figes, Scrophulariaceae, endémique de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyauté. Il se distingue du *Myoporum crassifolium* par ses feuilles très minces et ses fleurs glabres. Le *Myoporum tenuifolium* est un arbuste érigé qui pousse habituellement jusqu'à une hauteur de 1 à 2 m (3 pi 3 po – 6 pi 7 po) avec des branches aplaties. Ses feuilles sont disposées en alternance, habituellement de 50 à 70 mm (2,0 à 2,8 po) de longueur et de 9 à 16 mm (0,35 à 0,63 po) de largeur sur un pétiole de 3 à

10 mm (0,12 à 0,39 po) de longueur. Ils sont exceptionnellement minces et membraneux, de forme elliptique et ont une nervure médiane distincte sur la surface inférieure. Les fleurs sont portées à l'aisselle des feuilles seules ou en groupes de quatre sur un pédicelle aplati de 6 à 12,5 mm (0,24 à 0,49 po) de long.

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Myoporum tenuifolium* G.Forst est de 25.35 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate, et tricolpé. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (Fig. 14-17).

Les de Sergei *et al.* (2015) indiquent un diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Myoporum tenuifolium* est de $P=17.3-35.9 \mu\text{m}$, En vue équatoriale, le pollen est moyen ($14.6\mu\text{m} < P > 33.2\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate, et tricolpé. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Donc, on conclut que les résultats sont identiques sauf dans le type d'exine.

12- Les Geraniaceae

La famille des Geraniaceae (Géraniacées) est constituée de plantes dicotylédones ; elle comprend environ 800 espèces réparties en 3 à 7 genres. Ce sont des plantes herbacées, des arbrisseaux ou des arbustes, principalement des régions tempérées à subtropicales. C'est une famille subcosmopolite. (Kubitzki, 2007). Pour Albers et Van der Walt (2010), la famille des Geraniaceae rassemble environ 835 espèces, réparties en cinq genres : *Geranium*, *Pelargonium*, *Erodium*, *Hypseocharis* et *Monsonia*.

12-1 Pollen de *Pelargonium zonale*

Le *pélarгонium* est présent dans un grand nombre de formes de croissance, y compris les annuelles herbacées, les arbustes, les sous-espèces, les plantes succulentes et les géophytes. Les tiges dressées portent des fleurs à cinq pétales en grappes ombilicales, parfois ramifiées. Parce que pas toutes les fleurs apparaissent simultanément, mais ouvert du centre vers l'extérieur, c'est une forme d'inflorescence est appelé pseudoumbels, La fleur a un plan de symétrie unique, Étamines varient de 2 à 7, Il y a cinq stigmates (Roschenbleck *et al.*, 2014).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Pelargonium zonale* est de 65.4 μm . En vue équatoriale, le pollen est large ($50\mu\text{m} < P > 100\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$),

isopolair, prolata, et triporée. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig. 14-18.**)

Halbritter (2016) a trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Pelargonium zonale*, est de 60 μm . En vue équatoriale, le pollen est large ($50\mu\text{m} < P > 100\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolair, prolata, et tricolporé, En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Les résultats sont identiques sauf pour le type apertural.

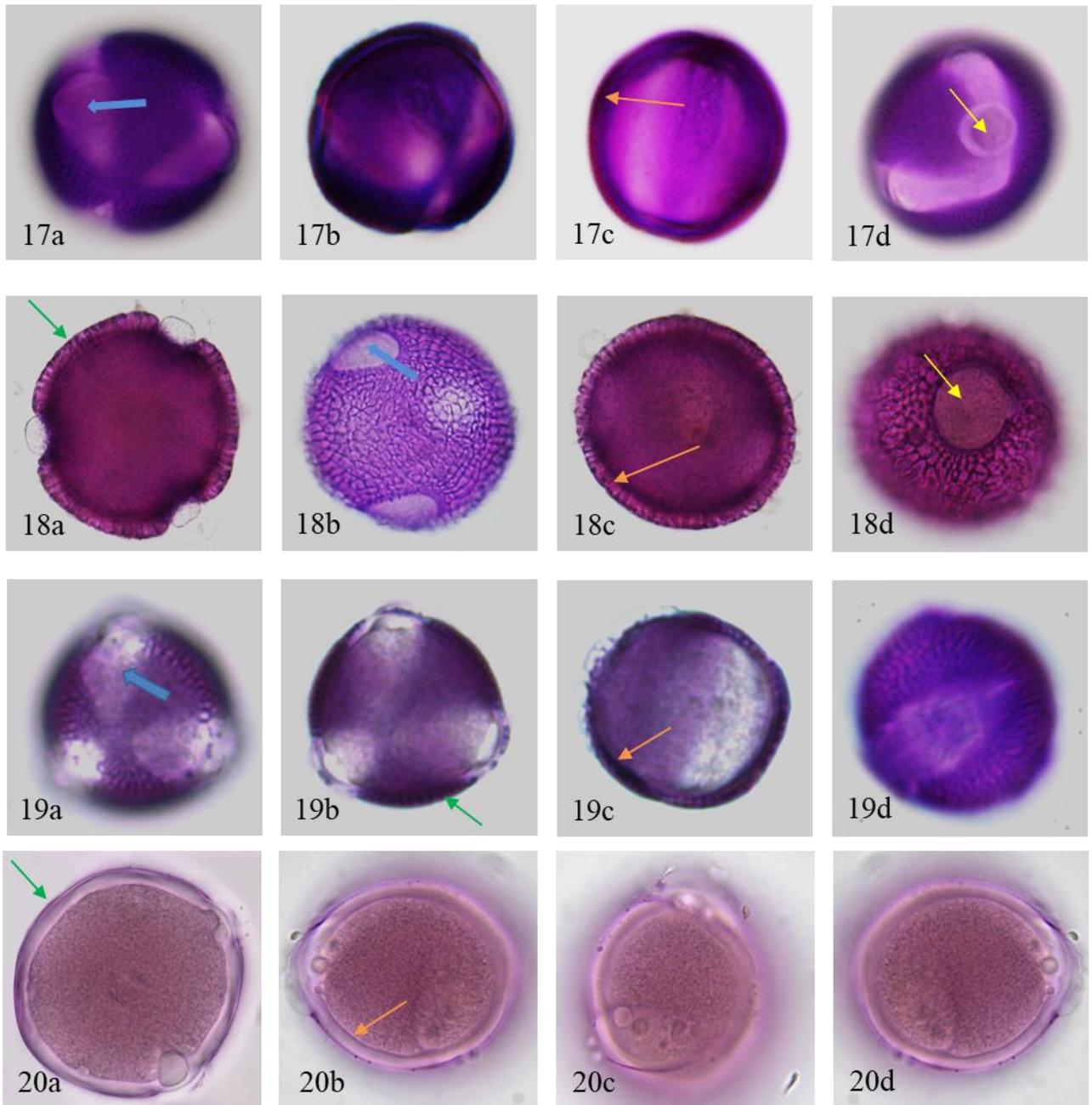


Figure 14. Photographies des grains de pollen : (17) *Myoporum tenuifolium* (18) *Pelargonium zonale* L , (19) *Ranunculus acris* L, (20) *vinca major* L.

13- La famille des Renonculacées

Les Renonculacées sont une famille par enchaînement, montrant plusieurs tendances évolutives, ce qui explique la diversité de l'appareil végétatif (grande variabilité morphologique) et reproducteur, ce dernier montrant plusieurs directions évolutives (Rodolphe L *et al*, 2002). Le nom de la famille vient du genre *Ranunculus* (« petite grenouille »), diminutif du latin *rana* (cf rainette), car plusieurs espèces sont aquatiques et plusieurs autres affectionnent les endroits humides que fréquentent ces amphibiens (Couplan, 2012).

13-1 Pollen de *Ranunculus acris*

Ranunculus acris (L.) est une plante herbacée vivace qui pousse jusqu'à une hauteur de 30 à 70 cm, avec des tiges fluides non racinées portant des fleurs jaunes brillant d'environ 25 mm de diamètre. Cinq pétales se chevauchent au-dessus de cinq sépales verts qui jaunissent rapidement à mesure que la fleur mûrit. Il a de nombreuses étamines insérées sous l'ovaire. Les feuilles sont composées, avec des folioles trilobées. Contrairement à *Ranunculus repens*, la foliole terminale est sessile. Comme d'autres membres du genre, les nombreuses graines sont portées sous forme d'akènes (Aestivalis, 1971).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Ranunculus acris* (L.) est de 22.97 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($20\mu\text{m} < P > 30\mu\text{m}$), bréviaxe (P<E), isopolaire, oblate, et tricolpé. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig. 14-19**).

Auer et Heigl (2021), ont trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Ranunculus acris* (L.) est de 33 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($30\mu\text{m} < P > 40\mu\text{m}$), bréviaxe (P<E), isopolaire, oblate, et tricolpé. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Donc, on conclut que les résultats sont similaires sauf le type d'exine.

14- La famille des Apocynaceae

Les Apocynaceae (Apocynacées) sont une famille de plantes eudicotylédones (Dicotylédones vraies) de l'ordre des Gentianales, qui comprend environ 5000 espèces et 350 genres, regroupés dans cinq sous-familles. Ce sont, pour la plupart, des lianes ou des plantes herbacées, quelques arbres ou arbustes, à latex, à feuilles persistantes. C'est une famille cosmopolite, mais la plupart des espèces poussent dans des régions tropicales et subtropicales. Quelques espèces poussent dans des régions tempérées. En Europe on peut citer notamment les genres *Vinca* avec la grande

pervenche (*Vinca major*) et la petite pervenche (*Vinca minor*) aux fleurs bleues et *Nerium* avec le laurier-rose (Walter, 1997).

14-Le pollen de *vinca major*

Vinca major (L) est une plante sempervirente à base sarmenteuse sur laquelle se développent des tiges rampantes formant des masses denses au sol mesurant entre 2 et 5 mètres de diamètre et 50 à 70 centimètres de haut. Les feuilles sont opposées, de 3 à 9 centimètres de long et de 2 à 6 centimètres de large, de couleur vert foncé et lustrées avec un pétiole duveteux de 1 à 2 centimètres de long. Les fleurs, violette et d'un diamètre de 3 à 5 centimètres, sont visibles du début du printemps jusqu'à l'automne et ont 5 pétales carrés asymétriques (Pignatti, 1982).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Vinca major* est de 8.52 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($10\mu\text{m} < P < 20\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata, et inaperturé (absence des sillons). En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire (**Fig. 14-20**).

Auer et Heigl (2021) a trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *vinca major* est de 51 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($10\mu\text{m} < P < 20\mu\text{m}$), longiaxe ($P > E$), isopolaire, prolata, et tetracolporé. En vue polaire, la forme du grain de pollen est circulaire. Les résultats ne concordent pas avec la littérature.

15- la famille des Lamiaceae

Les Lamiaceae ou Labiatae, communément appelées Lamiacées, Labiacées ou Labiées, sont une importante famille de plantes dicotylédones qui comprend environ 6 000 espèces et près de 210 genres. Le nom vient du genre type *Lamium* provient du latin *lamia*. Un des premiers auteurs à mentionner cette origine est Pline l'Ancien qui évoque ce *Lamium* comme une « ortie morte », c'est-à-dire une fausse ortie car elle a perdu son pouvoir urticant (Heinrich *et al.*, 1970).

15-1 Pollen de *Rosmarinus officinalis*

Le romarin peut atteindre jusqu'à 1,50 m de hauteur, voire jusqu'à 2 m en culture. Il est reconnaissable en toute saison à ses feuilles persistantes sans pétiole, coriaces, beaucoup plus longues que larges, aux bords légèrement enroulés, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous. Leur odeur, très camphrée, évoque aussi l'encens d'où il doit son nom « encensier » en provençal. La floraison commence dès le mois de février, parfois en janvier, et se poursuit

jusqu'en avril-mai. Certaines variétés peuvent fleurir une deuxième fois en début d'automne. (Jekka, 2006).

Le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Rosmarinus officinalis* (L) est de 165.53 μm . En vue équatoriale, le pollen est large ($100\mu\text{m} < P > 200\mu\text{m}$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate, et hexacolpate (6 apperture en forme des sillions). En vue polaire, la forme du grain de pollen est elliptic (**Fig. 15-21**).

Halbritter (2016) a trouvé que le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen de l'espèce *Rosmarinus officinalis* est de 50 μm . En vue équatoriale, le pollen est moyen ($30 < P > 35$), bréviaxe ($P < E$), isopolaire, oblate, et hexacolpate. En vue polaire, la forme du grain de pollen est elliptic. Résultats identiques sauf pour le diamètre polaire moyen (P) des grains de pollen.

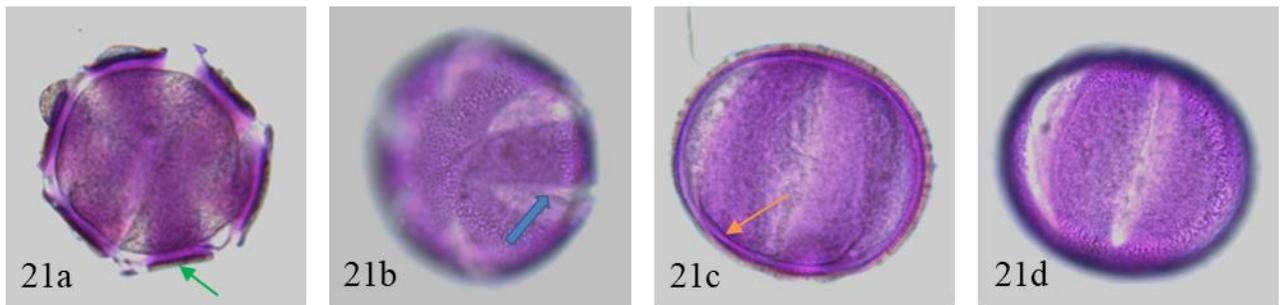


Figure 15. Photographies des grains de pollen : (17) *Rosmarinus officinalis* L.

En résumé

Une analyse statistique des données des différents résultats obtenus nous a permis de dégager les points suivants (**Figures 16 et 17**) :

- pour l'étude de la taille des grains de pollen, les grandes valeurs ont été enregistrées pour l'espèce *Rosmarinus officinalis* (165.53 μm) de la famille des Lamiaceae. Les petites valeurs ont été enregistrées pour l'espèce *Convolvulus tricolor* (8 μm) de la famille des Convolvulaceae,
- la relation entre les deux diamètres (P et E) est exprimée morphologiquement par la forme prolé ou la forme oblé du grain de pollen,

- 57 % des espèces ont un pollen tricolporé suivie par l'aspect tricolpé, avec 19 % des espèces étudiées.
- l'analyse de la forme confirme la dominance de la forme oblé (62 %) des grains de pollen pour la quasi-totalité des familles botaniques suivie par la forme prolé (24 %) et la forme sphéroïdale (10 %),
- 95% des grains de pollen des espèces étudiées sont isopolaires.

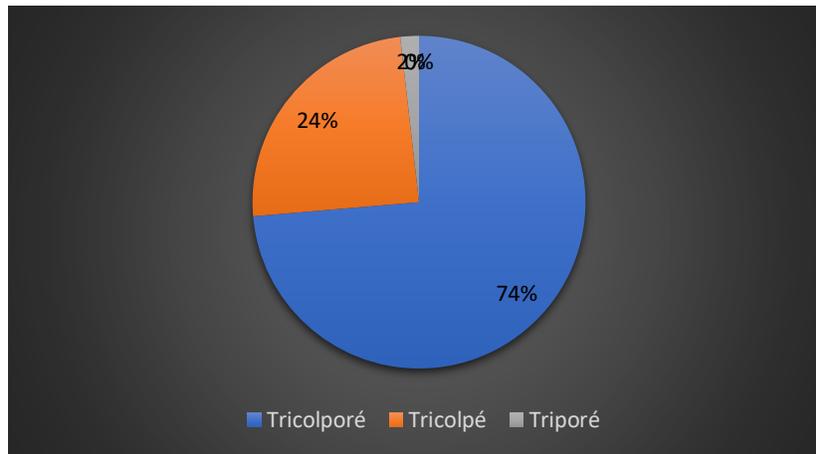


Figure 16. Pourcentages des apertures des grains de pollen des différentes espèces étudiées.

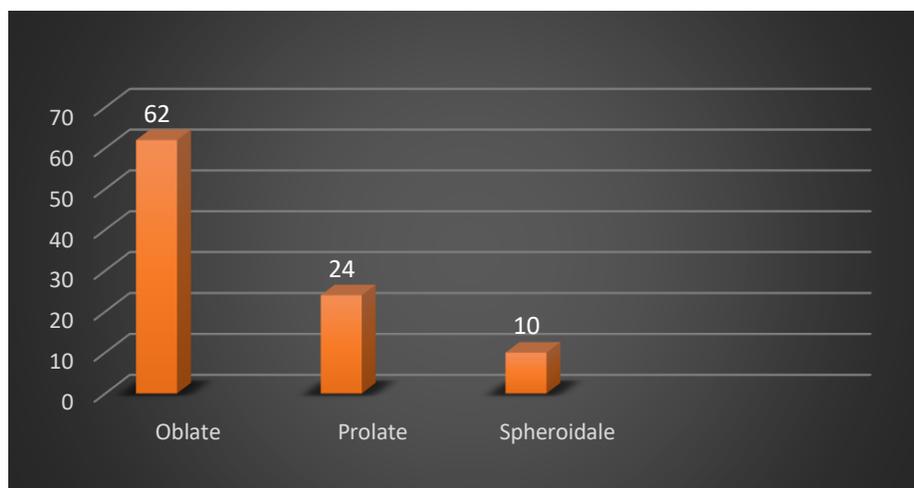


Figure 17. Aspect morphologique des grains de pollen étudiés.

Conclusion

Conclusion

La science qui a pour but de décrire et de caractériser le pollen est la palynologie. Elle est un outil de prospection des grains de pollen jouant un rôle très important dans une étude descriptive morphologique et structurale, en utilisant une multitude de critères de détermination des différentes formes et différents aspects de l'exine (Purkinze, 1930 in Reille, 1990).

Le travail que nous avons entrepris consiste à l'étude des caractéristiques morphologiques des grains de pollen de 21 espèces, ceci a été réalisé par des mesures biométriques telles que le diamètre polaire (P) et le diamètre équatorial (E) des grains de pollen.

La taille des grains de pollen varie de l'espèce *Rosmarinus officinalis* (165.53 μm) de la Famille des Lamiaceae. Les petites valeurs ont été enregistrées pour l'espèce *Convolvulus tricolor* (8.52 μm), famille des Convolvulaceae. La forme du pollen basé sur le calcul du rapport P/E indique deux types prolé ou oblé avec une dominance de la forme oblé (62 %). Le pollen tricolporé est dominant (57%). 95% des grains de pollen des espèces étudiées ont une polarité dite isopolaire.

La dominance du pollen à trois apertures est due à une sélection stabilisante plutôt qu'à des contraintes développementales. Une expérience sur un mutant de la plante modèle *Arabidopsis thaliana*, a montré qu'un nombre d'apertures élevé est défavorable face à un stress osmotique, ce qui pourrait suggérer que les pollens triaperturés représentent un bon compromis entre survie et germination (Prieu, 2015).

Références Bibliographiques

- 1- Almeida-Muradian ;Campos. R ; Bogdanov. S ; Szczesna.T ; Mencebo. Y ; Frigerio. C.; Ferreira. F (2008). Pollen composition and standardization of analytical methods. Journal of Apiculture Research 47. P 156 -163.
- 2- Anne Dumas, (1984), Les plantes et leurs symboles, Éditions du Chêne, coll. « Les carnets du jardin », 128 p.
- 3- Auer A., Heigl H. (2021). *Ranunculus acris*. In: PalDat - A palynological database.
- 4- Auer, W. (2021), In: PalDat - A palynological database.
- 5- Bahadur, S. Ahmad, M.Mir, S.Zafar, M.Sultana, S.Ashfaq, S,Arfan, (2018). Identification of monocot flora using pollen features through scanning electron microscopy. Microscopy Research and Technique, P599–613.
- 6- Becker, G. et Heim R, (1957), Tournefort, Muséum National d'Histoire Naturelle, p. 305.
- 7- Bertrand, G. (1978), L'archéologie du paysage dans la perspective de l'écologie historique, in Actes du colloque « L'Archéologie du paysage »,P132-138.
- 8- Boulos L . (1972) Revision systematique du genre sonchus l .sous genre l sonchus - bot.notiser 126 ; 155-196
- 9- Camefort .H, Boué H. (1993). Reproduction et biologie des végétaux supérieurs. Bryophytes - Ptéridophytes - Spermaphytes. DOIN, 2e édition, 5e tirage.
- 10- Camefort H., Boué H., (1969). Reproduction et biologie. Doin-dernet. Paris. p : 279- 290.
- 11- Cauneau-Pigot, A. 1988. Biopalynological Study of *Lapageria rosea* and *Iris inguicularis*. Storage of pollen. vol 27: P297 – 312.
- 12- Cerceau- Larrival, M. Th. Carbonnier, M. C. Verhille, A. M. Peltre, G. & Senechal, H. (1993). Le pollen et l'allergie. Rapport de projet de recherche entre le lab. de palynologie, (M.N.H.N.) Paris et l'Unité d'immuno-allergie de l'institut Pasteur, Paris 35p.
- 13- Cerceau-Larrival, M. Th. (1959), La clé de détermination des Ombellifères de France et d'Afrique du Nord d'après leurs grains de pollen. Pollen et Spores. 1 p145-190
- 14- Charpin Jacques, (1986), Allergologie. éd2 p. 218-241.
- 15- Charpin, (2004), Les pollens, les pollinoses et autres maladies respiratoires allergiques, service pneumo-allergologie de l'hôpital Nord France, p10.
- 16- Chassany Vincent, Potage Mari et Ricou Maud, (2012). Mini manuel de biologie végétale. éd. DUNO. P121-182.
- 17- Chaux et Foury (1994) Anatomie du point noir de l'Artichaut (*Cynara scolymus L.*)
- 18- Couplan F (2012), Les plantes et leurs noms. Histoires insolites, p 84.
- 19- Dawson, John; Lucas, Rob,(2000). Nature guide to the New Zealand forest, p 116.

- 20- Devender, R.; Ganga Kailas, J.; & Ramakrishna, H; (2016)**, Microscopical analysis of *Apis dorsata* and *Apis cerana* honeys from southern Telangana state. *Advances in Plant Sciences*, vol29, P27–33.
- 21- Diot M.F., (1998)**, La palynologie et l'environnement du passé, Centre National de Préhistoire, UMR 9933 du CNRS, éd DULUCQ et M. TULON
- 22- Donadieu Y. (1982)**. *Le Pollen*. éd. 5 Maloine . p 17-45.
- 23- Donadieu, Y. (1983)**. *Le pollen*. Thérapeutique naturelle, 6ème édition, Maloine édit., 84 p.
- 24- Dumas, (1984) ;** Pesson et Louveaux, *Pollinisation et productions végétales* ouvrage collectif, vol1, Page16.
- 25- Erdtman, G. (1943)** *An Introduction to Pollen Analysis*. Chronica Botanica Company, Waltham, p239.
- 26- Erdtman, G. (1952)**. *Pollen Morphology and plant Taxonomy; Angiosperms*. An introduction to palynology.
- 27- Fægri K.; Deuse, Paul, (1960)**, *Size Variations in Pollen Grains with Different Treatments*.
- 28- Fournier, PV. (1947)**, *Les quatre flores de la France : Corse comprise (Générale, Alpine, Méditerranéenne, Littorale)*, Paris, Lechevalier,p706-807,
- 29- Gastaldi (2022)**, *Structure et morphologie d'un grain de pollen*.4p page 25.
- 30- Gastaldi., Bui Thi Mai., Michel Girard,(2021)**, *Structure et morphologie d'un grain de pollen*. Quatrième partie. Abeilles et Cie, vol202, p.25-26.
- 31- Gledhill, D. (2008)**, *The Names of Plants*, Cambridge University Press.
- 32- Gorenflot R. (1997)**. *Biologie végétale, plantes supérieures, appareil végétatif*. 6eme édition de l'abrégé. Enseignement des sciences de la vie. Masson édition.286p.
- 33- Guérin B., Michel, F.B. (1993)**. *Pollen et Allergie*. Ed. Allerbio, Varennes-en Agronne, 279p.
- 34- Halbritter H. 2016**, *Pelargonium zonale* In: PalDat - A palynological database.
- 35- Halbritter, H., Auer W. (2020)**. In: PalDat – A palynological database.
- 36- Halbritter, H., Heigl, H. (2021)**. In: PalDat – A palynological database.
- 37- Heigl, H. (2020)**. In: PalDat – A palynological database.
- 38- Heigl, H. Auer, W. (2021)** In: PalDat - A palynological database.
- 39- Heller R. ; Esnault R. ; Lance C. (1995)**. *Physiologie végétale 2, Développement*. 5eme Edition Masson, page 240-251.
- 40- Helmeyand H. Dahy A.M. Ata, M.H. (2017)**; *Cytological Studies on Some Egyptian species of Anthemideae (Asteraceae)*, pp103-110.

- 41- Hyde et Williams, (1944)**, étude de la poussière, le pollen et les spores.
- 42- Jafari E., Karimi A. (2007)**. Polynological study of some visited medicinal plants by honey bee in Fars province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 420–430.
- 43- Jarzen, D.M. & Nichols, D.J. (1996)** Pollen. In: Jansonius, J. & McGregor, D.C. (eds.) *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Chapter 9, volume 1, pages 261-291.
- 44- Jekka McVicar, (2006)**; *Le grand livre des Herbes*.
- 45- Karna., (2017)** *Palynological Studies on Ten Species of Angiosperms from Nepal*
- 46- Kessler Rob et Harly Madeline. (2011)**. *La vie sexuelle cachée des fleurs palynologie*. éd. SW Télémaque. p 27.
- 47- Ketfi Louisa, (2016)**, *Le contenu pollinique atmosphérique de la région de Annaba et sa relation avec le pollinose*, Thèse De Doctorat de l'Université Badji Mokhtar Annaba.
- 48- Kleiman, C. (2001)**. *La reproduction des Angiospermes*. Belin, Paris.
- 49- Kubitzki K. (2007)**, *The Families and Genera of Vascular Plants, Flowering Plants - Eudicots*, Springer-Verlag, Vol. IX.
- 50- Langler, S (2002)**. *Polen apicola*, 2eme édition. Santa Maria, RS. P16.
- 51- Lorente, F; Garcigran, M.M., Nieto, J.L; Tomas-Barberant. F.A (1992)**. Flavonoids from *Cistus-Ladanifer* bee pollen. *Phytochemistry*. 31. p2027–2029.
- 52- Louveaux, J. (1970)**. *Atlas photographique d'analyse pollinique des miels, service de la répression des fraudes et du contrôle de la qualité*. Paris, 122 p.
- 53- Louveaux; Fabio S; Nascimento. (2014)**, *Honey Pollen: Using Melissopalynology to Understand Foraging Preferences of Bees in Tropical South India*, Volume 9, Page 1.
- 54- Maarten J.M; James W. Byng, (2016)**, The number of known plants species in the world and its annual increase, *Phytotaxa*, vol. 261, page 3.
- 55- Marouf A. R., Reynaud J., (2007)**. *La botanique de A à Z*. Dunoud. Paris. P : 238- 239
- 56- Moore, P., Webb, J., Collinson, M. (1991)**. *Pollen Analysis*. Second edition, Blackwell Science Ltd.
- 57- NAAS, O. (2004)**, *Analyse des grains de pollen de quelques espèces steppiques par microscopie électronique à balayage* P :34
- 58- Oleg, P.(1969)**, *Flowers of Europe : a field guide*, London: Oxford University Press, P502
- 59- Perveen, A. (2000)**. Pollen characters and their evolutionary significance with special reference to the flora of Karachi. *Turkish Journal of Biology*, P365–377.

- 60- Peycru; J.-F. Fogelgesang; D. Grandperrin; B. Augère; J.-C. Baehr; C. Perrier, J.-M. Dupin; C. Van Der Rest (2010).** Biologie tout-en-un BCPST 1re année. Dunod, Paris, 2eme édition.
- 61- Philippe J. M., (1991).** La pollinisation par les abeilles. Edisude. P: 11-157.
- 62- Pokrovskaia, I. M. (1950).** Analyse pollinique. Dans Ann. Serv. Inf. Geol.
- 63- Pons A., (1970).** Le Pollen. Collection Que sais-je? Presses Universitaires de France, 128 p.
- 64- Prieu Charlotte., (2015) .** Evolution et Developpement des grains de pollen chez les angiospermes. Evolution [q-bio.PE]. Université Paris Saclay (COMUE).
- 65- Punt W; Blackmore S; Nilsson S ; Le Thomas A (1994).** Glossary of Pollen and Spore Terminology, pp. 1- 246.
- 66- Quamar, M. F., Ali, S. N., Pandita, S. K., & Singh, Y. (2018).** Modern pollen Grain from Udhampur (Jammu and Kashmir), India: Insights into pollen prod.
- 67- Quezel P, Santa S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tomes 2, ED. Centre nationale de la recherche scientifique, Paris.
- 68- Reader's Digest (1981)** Field Guide to the Wild Flowers of Britain. Reader's Digest, p 42.
- 69- Reece, Urry, Cain, Wasserman, Minorsky; Jackson. (2012).** Biologie. éd 9 p 98.
- 70- Reille, M. (1990).** Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. Ed. CNRS, Paris. 206p.
- 71- Reitsma, T. (1969).** Suggestions towards unification of descriptive terminology of angiosperm pollen grains. Rev. Palaeobotan Palynol. p10-60.
- 72- Renault-Miskovsky J. et Petzold M. (1989),** Spores et pollen. Edition La Duraulie. 360p.
- Roland Jean-Claude, Roland Françoise (2008),** El Maarouf-Bouteau Hayat et Bouteau François., Atlas biologie végétale .éd. 9 p 140.
- 73- Roschenbleck (2014),** Pelargonium sp researches.
- 74- Rossignol-Strick M. (1997)** « Paléoclimat de la Méditerranée orientale et de l'Asie du Sud-Ouest de 15, Paléorient, vol. 23, no 2 « Paléoenvironnement et sociétés humaines au moyen-orient 1997, p. 175-186.
- 75- Roulston; Cane, (2000),** Pollen nutritional content and digestibility for animals, p187–209.
- 76- Sakshi Yadav. (2018),** Atul Hemke, Milind Umekar, « Convolvulaceae: A Morning Glory Plant Review », International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, vol. 51, p. 103-117.
- 77- Sandro., (1982) .** Simulated environmental criticalities affect transglutaminase of Malus and Corylus pollens having different allergenic potential

- 78-Sergei L. Mosyakin, Zoya M.; (2015);** Pollen morphology of tribes Aptosimeae and Myoporeae supports the phylogenetic pattern in early-branching Scrophulariaceae revealed by molecular studies; p209-222
- 79-Siljak-Yakovlev. S, (1986),** A propos de la classification des taxons endémiques basée sur la cytotaxonomie et la cytogénétique, P287-303.
- 80-Soteroula Kanari, (1993)** Counselling failed exam candidates: A happier experience, British Medical Journal, vol. 307,p. 509 ,21
- 81-Stanley; R.G; Linskens. H.F (1974).** Pollen. Berlin, Springer **the Potted Garden:** New plants and New approaches for container gardens.
- 82-Thibault, M (2017),** Le pollen apicole : ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques. Sciences pharmaceutiques.
- 83-Trezzi, M.M.; Balbinot-Jr, A.A.; Benin, G.; Debastiani, F.; Patel, F., Miotto-Jr, E. (2013),** Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). Planta Daninha, p543–550.
- 84-Tschudy et Scott, (1969) in Chateauneuf et Reyre, 1974 ; Renault-Miskovsky et Petzold, 1989 et Guerin et al, 1993).** Spores et pollen. Edition La Duraulie, p360.
- 85-Weber, M. (2016).** In: PalDat - A palynological database.
- 86-Wodehouse (1935),** pollen grain their structure identification and significance in science and medicine, New York.

Les sites:

- <https://www.aquaportail.com/definition-8200-pollinisation>.
- <https://www.aquaportail.com>
- www.paldat.org
- techno-science.net
- <https://www.apiservices.biz/>
- <https://www.svt-tanguy-jean.com/>
- <http://www.andi.gov.dz/fr/PDF/MONOGRAPHE/Constantine.pdf>
- Identify.plant.prg
- <https://www.itis.gov/>
- www.biologievegetale.be
- <https://pollen.tstebler.ch/>
- <https://floridata.com/>

Résumé

Le pollen présente une telle variété de forme que l'on peut, plus ou moins, reconnaître la plante qui l'a émis. Le grain de pollen est un organisme fascinant pour les biologistes car chaque grain constitue une entité vivante et accessible. Il constitue un outil remarquable et efficace pour étudier l'histoire des plantes et leur évolution depuis leur apparition sur terre. Le travail que nous avons réalisé consiste en une description morphologique du grain de pollen de 21 espèces spontanées poussant dans des endroits différents de la Wilaya de Constantine. Nous avons réalisé les mesures de l'axe polaire (P) et équatorial (E) de 30 grains de pollen par espèce. Les résultats de l'analyse descriptive et l'analyse statistique ont mis en évidence la dominance de la forme oblé et l'aspect tricolporé du pollen ainsi qu'une exine réticulée chez la plupart des espèces étudiées.

Mots clés : espèces sauvages, pollen, apertures, tricolporé, oblé

Abstract

Pollen has such a variety of forms that you can more or less recognize the plant that emitted it. The pollen grain is a fascinating organism for biologists because each grain is a living and accessible entity. It is a remarkable and effective tool for studying the history of plants and their evolution since their appearance on earth. The work we have done consists of a morphological description of the grain of pollen of 21 spontaneous species growing in places different from the Wilaya of Constantine. Measurements were made of the polar (P) and equatorial (E) axis of 30 pollen grains per species. The results of the descriptive analysis and the statistical analysis have highlighted the dominance of the oblate shape and the tricolporate appearance of the pollen as well as a reticulate exin in most of the species studied.

Keywords: wild species, pollen, apertures, tricolporate, oblate

الملخص

تحتوي حبوب اللقاح على مجموعة متنوعة من الأشكال بحيث يمكنك التعرف إلى حد ما على النبات التي تنبعث منه. تعتبر حبوب اللقاح كائنًا رائعًا لعلماء الأحياء لأن كل حبة هي كيان حي ويمكن الوصول إليه. إنه أداة رائعة وفعالة لدراسة تاريخ النباتات وتطورها منذ ظهورها على الأرض. يتكون العمل الذي قمنا به من وصف مورفولوجي لحبوب اللقاح لـ 21 نوعًا عفويًا تنمو في أماكن مختلفة بولاية قسنطينة. تم إجراء قياسات للمحور القطبي (P) والاستوائي (E) لـ 30 حبة لقاح لكل نوع. سلطت نتائج التحليل الوصفي والتحليل الإحصائي الضوء على هيمنة الشكل الاهليلجي والمظهر ثلاثي الاثلام لحبوب اللقاح، بالإضافة إلى قشرة خارجية شبكية في معظم الأنواع التي تمت دراستها.

الكلمات المفتاحية: أنواع برية، حبوب اللقاح، فتحات، اهليلجي، محور قطبي، محور استوائي.

--	--

Année universitaire: 2021-2022

Présenté par : BENMOUSSA Hichem
DEBBECHE Abderezzak

Etude palynologique de quelques espèces spontanées dans la wilaya de Constantine

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biodiversité et Physiologie Végétale

Résumé

Le pollen présente une telle variété de forme que l'on peut, plus ou moins, reconnaître la plante qui l'a émis. Le grain de pollen est un organisme fascinant pour les biologistes car chaque grain constitue une entité vivante et accessible. Il constitue un outil remarquable et efficace pour étudier l'histoire des plantes et leur évolution depuis leur apparition sur terre. Le travail que nous avons réalisé consiste en une description morphologique du grain de pollen de 21 espèces spontanées poussant dans des endroits différents de la Wilaya de Constantine. Nous avons réalisé les mesures de l'axe polaire (P) et équatorial (E) de 30 grains de pollen par espèce. Les résultats de l'analyse descriptive et l'analyse statistique ont mis en évidence la dominance de la forme oblé et l'aspect tricolporé du pollen ainsi qu'une exine réticulée chez la plupart des espèces étudiées.

Mots-clés : espèces sauvages, pollen, apertures, tricolporé, oblé

Laboratoires de recherche : Laboratoire de Biochimie, Génétique et Biotechnologies Végétales (Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Jury d'évaluation :

Encadreur : Dr BENHIZIA Hayet (MCA-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 1 : Pr CHOUGUI Saida (Pr-Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 2 : Dr ZOGMAR Meriem (MCB-Université Frères Mentouri, Constantine 1).