

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département: Sciences Biologiques de
l'Environnement Spécialité: Biodiversité et
Sécurité Alimentaire



Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en
Biodiversité et Sécurité Alimentaire

Thème

Etude palynologique d'une population du clade des Fabids dans la région d'Adékar (Bejaia)

Présenté par :

M^{elle} BENLAKEHAL Ratiba & M^{elle} AIDLISarah

Soutenu le : **03 juillet 2025**

Devant le jury composé de :

Noms et Prénoms	Grade	Fonction	Lieu d'exercice
M. Ben Hamiche N.	Professeur	Président	Université de Bejaia
Mme OURARI Malika	M.C.A	Promotrice	Université de Bejaia
Mme Djafri-Bouallag L.	M.C.B	Examinateuse	Université de Bejaia

Année universitaire : 2024 / 2025

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous rendrons grâce à Dieu, Le Tout-Puissant, pour m'avoir guidée, soutenue et donné la force, la patience et la persévérence tout au long de ce parcours.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Madame OURARI**, mon encadreuse, pour son accompagnement attentif, sa bienveillance, ses conseils judicieux et son soutien constant qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail

Nos remerciements les plus chaleureux vont à **Mme DJARFI-BOUALLAG** pour son assistance, son appui et les orientations qu'elle nous a fournies tout au long de l'accomplissement de ce travail.

Nous exprimons notre gratitude envers **M. Hamlat** pour tous ses conseils et son soutien.

Nous remercions **M et Mme BEN HAMICHE** pour leur gentillesse, leurs conseils et leurs mots qui nous donne de courage pour continuer ce travail

Nous remercions également l'ensemble des enseignants du Département de Biologie de l'Université de Béjaïa pour la qualité de leur enseignement tout au long de notre cursus.

DÉDICACES

Je dédie cet honorable travail a :

A mon cher père

Les plus précieux des trésors et le plus ambitieux que je connaisse ma source d'inspiration, aucun dédicace ne saurait exprimer l'amour et le respect que j'ai toujours eu pour vous, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être et pour avoir cru en moi tout au long de mon parcours. Que dieu te garde pour nous cher vava.

A ma tendre mère

Affable, honorable, aimable : aucun dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites, votre bienveillance et votre présence à mes coté sont toujours ma source de force pour avancer et atteindre mes objectifs.

A mes chères sœurs et cher frère

Pour leurs soutiens, patience et encouragement. Ourida, Aini, Younes et Amel je vous aime mes petites bougies.

A mon futur mari Nadir

Qu'était mon bon assistant, il m'a encouragé et m'a soutenue jusqu'au dernier point.

A ma collègue

A ma chères Sarah Aidli ma copine avant d'être binôme. Pour son soutien moral et ça patience et ça compréhension tout au long de ce projet.

Et a toute ma famille et ma belle-famille.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents,

Vous êtes le point de départ de tout ce que je suis .à travers vos silences pleins d'inquiétude, vos regards pleins d'espoir, et vos prières murmurées chaque jour, vous avez trace ce chemin avec moi, pas à pas votre amour inconditionnel, vos sacrifices quotidiens, et votre confiance m'ont donné la force d'avancer, même dans le moment de doute.

Ce mémoire, je vous le dédie avec toute ma reconnaissance, mon respect, et mon amour.

Ma chère grand-mère

A la mémoire de ma chère grand-mère toi qui attendais ce jour avec tant d'impatience, toi qui rêvais de me voir accomplir ce parcours .la vie en décide autrement, et la mort t'a arrachée a nous trop tôt .mes ton amour, t'es prières ton regard fier je les ressens encore à chaque pas. Tu n'es peut être plus la physiquement, mais ton absence habite ce moment autant que t'a présence .je t'espère fière de moi, de là ou tu reposes, tu me manque tellement.

Mes chères sœurs :

Merci d'avoir été là, dans la discréetion ou dans la présence, dans les rires comme dans les tempêtes .votre soutien m'a apportée plus que vous imaginez .Kamilia, Baya Zahra Mayssa, Lina, et Dima .vous êtes ma force silencieuse.

A mon futur mari

Merci d'avoir été la dans le silence, pour t'es mots réconfortants, ta patience inépuisable, et ta présence qui épaisse, ton soutien a été un pilier dans cette dernière ligne droite.

A mon entourage, amis, enseignants, ma famille et ma belle-famille et toutes les âmes bienveillantes qui croisent ma route, merci pour vos paroles, vos gestes.

A ma collègue

A ma chère Ratiba benlakehal merci d'avoir marche à mes cotée tout à la langue de ce parcours. Dans les nuits blanches, les moments de doute, et les efforts partages .ton soutien, ta complicité, et ton courage m'ont énormément inspiré es bien plus qu'une partenaire de travail : tu es une amis précieuse

Et enfin à moi-même pour avoir résisté, préservé, pleuré parfois mais jamais abandonné.

Sarah

SOMMAIRE

Sommaire**Remerciement****Dédicace****Liste des tableaux****Liste des figures****Introduction**.....1**Chapitre I : Revue bibliographique**

1. Présentation du clade des Fabids.....	4
1.1. Taxonomie et classification	4
1.2. Distribution géographique	4
1.3. Importance économique et écologique des Fabids	5
2. La méiose chez les plantes	6
2.1. Mécanisme moléculaire de la méiose	7
2.2. Anomalie méiotique courants	8
2.3. Impact biologique des anomalies méiotique	9
2.4. Anomalie méiotique et stress environnemental	10
3. Pollen	10
3.1. Définition.....	10
3.2. La structure de graine du pollen	10
3.3. Morphologie de grain de pollen	11
3.4. Taille de grain de pollen	12

3.5. Forme et taille de grain de pollen	12
4. Méthode d'évaluation de la viabilité et le lien avec les anomalies génétique.....	13

Chapitre II : Matériels et Méthodes

1. Matériel et produit chimique nécessaire	14
2. Méthode biologique	14
3. Méthode d'analyse	15
3.1. Analyses de la méiose	15
3.2. Analyses du pollen	16
3.3. Analyse et statistique des données	19

Chapitre III : Résultats et discutions

1. Analyse du déroulement de la méiose	20
2. Etude de pollen	21
2.1. Morphologie du pollen.....	21
2.2. Production de grain de pollen	22
2.3. Viabilité pollinique	25
2.4. Surface de grain du pollen	29
2.4.1. Population 1	29
2.4.2. Population 2	30
2.4.3. Comparaison	31
Conclusion	32

Références bibliographiques.....	33
----------------------------------	----

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Taux d'anomalies méiotiques évalués dans l'échantillon du clade de Fabids analysé au microscope optique.	21

Liste des figure

C	TITRE	PAGE
Figure 1	Structure de grain de pollen (https://tse1.mm.bing.net)	11
Figure 2	Diversité de la forme des grains de pollen et leurs apertures http://www.encyclopollens.fr/la-face-cachee-des-pollens	12
Figure 3	Photographie d'un flacon contenant du bleu de couton	17
Figure 4	Photographie des lames avec les grains de pollen colorés au bleu de coton	18
Figure 5	Photographie d'une tétrade observée dans l'échantillon du clade des Fabids au microscope photonique, G : 10x40. Barre d'échelle =10µm	20
Figure 6	Principales anomalies méiotiques observées dans l'échantillon du clade de Fabids sous microscope optique, G : 10x40. A : Monade, B : Diade avec un deux micro noyaux, C : Triade. Barre d'échelle=10µm	21
Figure 7	Photographies des grains de pollen montrant une forme arrondie et présentant trois pores (triporé) observés au microscope optique G : 10x40. Barre d'échelle=10µm	22
Figure 8	Le nombre de grains de pollen produit au niveau de chaque fleur de la population 1 du Clade des Fabids	22
Figure 9	Le nombre de grains de pollen produit au niveau de chaque fleur de la population 2 du Clade des Fabids	23

Liste des figures

Figure 10	Comparaison de nombre des grains de pollen entre deux populations de l'espèce analysée	24
Figure 11	Photographies d'une préparation montrant un grain de pollen viable (A) et un grain de pollen non viable (B) observés au microscope optique après coloration au bleu de coton dans la population étudiée, G : 10x40. Barre d'échelle=10µm	25
Figure 12	Le taux de viabilité au niveau de chaque fleur de la population 1 du Clade des Fabids analysé	26
Figure 13	Le taux de viabilité au niveau de chaque fleur de la population 2 du clade des Fabids analysé	27
Figure 14	Comparaison de taux de viabilité pour les deux populations analysées	28
Figure 15	la variation de la surface des grains de pollen entre les fleurs étudiées de la population 1	29
Figure 16	la variation de la surface des grains de pollen entre les fleurs étudiées de la population 2	30
Figure 17	Comparaison de la variation de la surface des grains de pollen entre les deux populations analysées	31

INTRODUCTION

Introduction

Notre travail rentre dans le cadre de l'étude de la flore algérienne. D'après (Soltis et all) les clade des Fabids qui est parmi les groupes numériquement les plus importants en termes d'espèces (Soltis et al., 2018). C'est le Clade végétal qui fournit le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme ; qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales (Judd et al., 2016).

Les espèces du clade des Fabids jouent un rôle très important dans les écosystèmes naturels et agricoles car elles sont parmi les végétaux cultivés par l'homme pour leur fruit et pour leurs grains. Pour l'intérêt agronomique, elles fixent l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium* présentes dans leurs racines qui leurs permettent l'enrichissement des sols (Birlouez, 2022).

La méiose assure la stabilité génétique en réduisant le nombre de chromosomes de moitié, garantissant ainsi leur maintien d'une génération à l'autre après la fécondation (Albert et al., 2022). La méiose repose sur des mécanismes génétiques conservés et régulés par des gènes spécifiques, garantissant la viabilité des gamètes et des espèces (Pagliarini, 2000).

Le pollen, gamétophyte mâle des plantes à ovules, produit et renferme deux gamètes mâles. Chez les Fabids, il se compose de deux cellules entourées d'une paroi de sporopollénine, interrompue par des apertures favorisant les échanges et la germination du tube pollinique (Bousmid, 2019).

Le pollen joue un rôle très important dans la reproduction et la diversité génétique. Ils se présentent sous forme de grains microscopiques pulvérulents dont le rôle est de transmettre à la descendance, l'information génétique des parents mâles lors de la fécondation (Bonnemain et Dumas, 1998). La science qui a pour l'objet d'étude de pollen est la palynologie (Alhamidi, 2017).

Introduction

Les études cytogénétique et palynologique présente un intérêt scientifique et écologique très important pour l'analyse des populations naturelles.

La cytogénétique étudie la constitution chromosomique des espèces, permettant d'évaluer la composition chromosomique d'une cellule d'une population donnée, elle est essentielle pour suivre l'impact des polluants sur les populations naturelles, notamment via des tests d'aberration chromosomique, d'échange entre chromatides-sœurs ou de micronoyaux, ces tests permettent de mesurer les effets des substances chimiques sur le matériel génétique des populations ; ce qui est important pour évaluer les risques environnementaux (Buchet et al., 1995).

La palynologie permet de retracer les changements dans les compositions floristiques au fil du temps, révélant l'évaluation des écosystèmes et leurs réponses aux variations climatiques ou aux activités humaines (Faegri et all., 1989).

Les anomalies méiotiques peuvent être de plusieurs types tel que les univalents. La migration des univalents vers les pôles est une anomalie très courante chez les plantes cette anomalie provenir d'une absence d'appariement ou absence de crossing-over au pachytène comme elle peut être issue des mutant synaptiques (Bione et al., 2000).

Il existe une relation entre la viabilité du pollen et les anomalies méiotiques. La fertilité d'un individu dépend en grande partie de la régularité méiotique. Plusieurs gènes affectant la régularité méiose ont été décrits par certain auteurs (Souza et al., 2011).

Dans cette optique, le travail de ce mémoire a pour l'objectif l'étude palynologique et cytogénétique d'une population du clade de Fabids échantillonnée dans la région d'Adékar (Béjaïa, Algérie). Pour ce faire nous avons évalué la morphologie du pollen, sa production, sa viabilité et sa surface. Dans l'étude cytogénétique avons analysé le déroulement de la méiose avec un accent sur les anomalies méiotiques.

Le présent mémoire s'articule comme suit :

- Introduction générale,

Introduction

- Chapitre I qui est consacré à la partie bibliographique dans laquelle sont développées les données sur les Fabids et les notions de base sur la méiose, ses différentes phases et sur les anomalies méiotiques,
- Chapitre II qui est consacré au matériel et méthodes d'analyse,
- Chapitre III où les résultats et discussion sont présentés.
- Une conclusion générale qui termine notre étude.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèses bibliographique

1. Présentation du clade des Fabids

1.1. Taxonomie et classification

Un clade est l'unité de base de la classification phylogénétique voire également cladistique. Le statut des clades varie en fonction de la version du cladisme adoptée par l'auteur d'une classification : certains proposent de traiter les clades comme des taxons de la tradition linnéenne en leur assignant des rangs taxonomique (classes, ordre, familles, etc.).

Le clade des Fabids (ou Fabidés) constituent un groupe botanique important dans la classification phylogénétique des plantes à fleurs (Angiospermes), notamment au sein des dicotylédones varies (Eudicotylédones). Il comprend, environ, 33000 espèces végétales, qui sont divisées, selon la classification APG IV, en 5 ordres pour un total de 30 familles (Christenhusz et al., 2016).

Ce clade se positionne dans la classification phylogénétique (APGIV, 1016) comme suit :

Clades des Angiospermae, des Mesangiospermae, des Eudicots, des Core-Eudicots, des Pentapétalae, des Supereurosids, des Eurosids.

Les Fabides ou Eurosides I, également connu sous le nom scientifique de Fabidae, est une grande unité taxonomique, non présente dans le système Cronquist. Elle a été introduite avec la classification APG la plus récente. Ce sous- groupe de Rosids contient 8 ordres :

Ordres des Cucurbitales, des Fabales, des Fagales, des Rosales, des Zygophyllales, des Celastrales, des Malpighiales et l'ordre des Oxalidales (Simpson, 2019).

1.2. Distribution géographique et rôle écologique

Les Fabids sont présentés sur tous les continents sauf l'Antarctique et dominent souvent les écosystèmes tropicaux et méditerranéens, tandis que les Fagaceae (chênes, hêtres) sont typiquement des forsts tempérées de l'hémisphère nord (Judd et al., 2016).

D'autres centres dans la diversité sont localisés également en Afrique et en Asie. En général les Fabids sont distribuées dans tous les biomes terrestres.

Les Fabids offrent des ressource alimentaire (nectar, fruits) a une large gamme de polliniseurs et de frugivores, participant activement aux réseaux tropique (Jolivet et al., 2018). Dans l'ensemble, les Fabids contribuent significativement a la structuration des communautés végétales. Au maintien de la biodiversité et la stabilité des écosystèmes.

1.3. Importance économique et écologique des fabids

Les Fabids jouent un rôle économique et écologique majeur dans les écosystèmes.

Pour l'alimentation humaine, beaucoup d'espèces des Fabids sont cultivé pour leur usage alimentaire ou médicinal. Elles participent à la production agricole. Certains Fabids sont des taxons d'une grande importance agricole. Comme les membres des Cucurbitacées (famille des courges), les Fabacées (haricot), les Rosaceae (arbre fruitiers) et les Euphorbiaceae (Simpson, 2010).

Les Fabids est une source importante de protéines végétale pour l'alimentation humaine et animale. Beaucoup d'espèces sont cultivées pour leurs graines qui sont riches en amidon (Fève, Haricot, Lentille, Pois, Pois chiche) (Simpson, 2010).

Les Oxalidales des Fabids généralement cultivées pour leur valeur ornementale dans les jardins et comme plante d'intérieur. Elles contribuent ainsi à l'industrie horticole, leur feuillage et leurs fleurs colorées étant décoratifs.

Dans les Fabids, on trouve également les Fagales qui incluent des arbre a bois dur très prisés, comme le chêne qui occupe une place remarquable parmi tous les peuplements forestiers, avec 33% de la superficie mondiale boisée (Bouderoua, 1995).

L'ancêtre commun des Fabids, des Rosales, des Fagales et des Cucurbitales a la capacité de fixer l'azote atmosphérique grâce a une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium* présentes dans des nodosités sur leurs racines. Cette fixation d'azote permet a ces plantes de puiser l'azote non seulement dans le sol mais aussi directement dans l'air, ce qui enrichit les sols en azote (Ronse, 2022).

2. La méiose chez les plantes

La méiose est une succession de deux divisions cellulaires ; la division réductionnelle et la division équationnelle.

La division réductionnelle correspond à la première division et elle est constituée de quatre phases successives : Prophase I, Métaphase I, Anaphase I et Télophase I. Lors de la Prophase I, l'enveloppe nucléaire disparaît. Il y a formation des tétrades à partir de la séparation des paires chromosomiques (4 chromatides) qui vont s'associer par paire de chromosomes homologues. En Métaphase I, il y a formation de fuseau mitotique suite au positionnement aléatoire des chromosomes homologues le long d'un plan équatorial. Ces mêmes chromosomes sont attachés, en direction des pôles, par les fibres du fuseau achromatique. En Anaphase I, la contraction des fibres du fuseau achromatique, entraîne la séparation des chromosomes homologues en paires de chromatides qui sont tractées vers les pôles. Celles-ci vont par la suite se recombiner entre elles. En Télophase I, la cellule mère se divise par cytokinèse en deux cellules filles haploïdes, d'où le nom de division réductionnelle. Et le fuseau mitotique disparaît.

La division équationnelle suit directement la division réductionnelle et maintient le nombre haploïde des chromosomes. On observe, au terme de ce stade, la formation de quatre noyaux qui possèdent la moitié du nombre de chromosomes par rapport à la cellule originelle. Le développement de ces noyaux donne des spores haploïdes. Cette division est également constituée de quatre phases successives : Prophase II, Métaphase II, Anaphase II et Télophase II. La prophase II débute directement et rapidement après la fin de la télophase I. Elle est une phase courte et les deux lots de chromosomes entrent dans une brève prophase II, sans le stade S (interphase). Un nouveau fuseau achromatique se forme et les enveloppes nucléaires se rompent (Ravene et al., 2011). En Métaphase II, les fibres fusoriales des deux pôles s'unissent aux kinétochores des différentes chromatides sœurs. Une tension s'exerce sur les chromosomes par les microtubules et tire les centromères vers la plaque métaphasique (Ravene et al., 2011). En Anaphase II, les fibres fusoriales se raccourcissent et le complexe de cohésion unissant les centromères des chromatides sœurs est détruit. Les chromatides s'orientent vers les pôles opposés. Les centromères se scindent en deux (Ravene et al., 2011).

En Télophase II, il y a reconstitution d'un noyau autour des chromosomes à chaque pôle de la cellule. Chaque chromosome est représenté par une chromatide. On obtient donc 4 cellules haploïdes différentes.

2. 1. Mécanismes moléculaires de la méiose

- Mécanismes moléculaires de la recombinaison génétique

Lors de la méiose, des échanges chromosomiques s'opèrent. Ce mécanisme est connu sous le nom de « crossing-over ». Il joue un rôle important en générant de la variabilité génétique à l'origine de l'évolution des espèces par recombinaison génétique (mélange des allèles paternels et maternels). La recombinaison génétique établit également des liaisons physiques (les chiasmata) entre les chromosomes homologues afin de garantir leur union jusqu'à leur ségrégation, ce qui permet une séparation précise des bivalents (GenesDev, 1997).

Il y a d'abord cassure double brins de l'ADN, initiées par des enzymes spécifiques telles que les endonucléases (Haber, 2012). Des inversions qui consistent en un type de réarrangement génétique dans lequel un segment d'ADN est coupé, retourné et réinséré dans le même endroit ou ailleurs dans le génome peuvent se produirent. Ce processus implique d'abord la formation de cassures double brin et la réparation subséquente. Des échanges de brins d'ADN est un processus clé dans la recombinaison homologue où les brins d'ADN homologues s'échangent. Cela commence par la formation d'une structure appelée un hétéroduplex où un brin d'ADN d'une molécule s'apparie à un d'ADN de l'autre molécule. Ensuite des enzymes spécifiques telles que la recombinase, facilitent l'échange de brins, entraînant la formation de molécules d'ADN recombinantes (West, 2003). La résolution implique la coupure des jonctions de Holliday par des enzymes spécifiques appelés « résolvases » d'ADN recombinants.

- La ségrégation chromosomique

La ségrégation chromosomique est le processus par lequel les chromosomes se séparent et migrent vers des pôles opposés de la cellule lors de la division cellulaire. Il y a d'abord, réPLICATION DES CHROMOSOMES pour former deux chromatides sœurs identiques (Alberts et al., 2002). Puis, le fuseau achromatique composé de microtubules se forme à partir des centres organisateurs de microtubules. Ces microtubules s'étendent et se fixent aux chromosomes (Lodish et al., 2000). Les chromosomes s'attachent aux microtubules du fuseau au niveau des kinétochores qui sont des structures protéiques situées sur les chromatides sœurs. Chaque chromatide sœur est attachée à un microtubule provenant d'un pôle différent du fuseau (Musacchio, 2007). Les cohésines sont, ensuite, clivées ce qui permet aux chromatides sœurs de se séparer. Les microtubules de fuseau se raccourcissent tirant les chromatides sœurs vers les pôles opposés de la cellule. La cellule se divise physiquement en deux et chaque cellule fille reçoit un ensemble complet de chromosomes (Cytokinèse).

2. 2. Anomalies méiotiques courantes**- La non-disjonction**

Lorsque les chromatides d'un chromosome ne se divisent pas correctement, l'ensemble du chromosome s'oriente vers un seul pôle. Cette ségrégation anormale engendre deux cellules descendantes aneuploïdes. L'une des cellules contient un chromosome en plus et sera désignée comme une « cellule hyperploïdique » (par exemple : trisomie $2n + 1$ lors de la mitose ou disomie $n + 1$ pendant la méiose). L'autre cellule possédera un chromosome en moins, et elle est dite « cellule hypoploïde » (par exemple : monosomie $2n - 1$ durant la mitose ou nullisomie $n - 1$ lors de la méiose) (Turleau et Prieur, 2000).

- Ponts chromosomiques

Le pont chromosomique est une trace d'hétérochromatine qui se forme lorsque les télomères des chromatides sœurs fusionnées ne parviennent pas à se séparer complètement dans leurs cellules filles respectives (Moorhead et al., 1960).

- Micronoyaux

Les micronoyaux sont des entités nucléaires indépendantes du noyau principal, provenant de la perte de fragments chromosomiques ou de chromosomes entiers pendant la division nucléaire.

2. 3. Impact biologique des anomalies méiotiques

L'étude des différents stades de la méiose peut nous renseigner sur le comportement chromosomique et la fertilité d'une espèce. Les facteurs environnementaux et épigénétiques peuvent influencer le déroulement du processus méiotique en agissant sur les gènes qui contrôlent les différentes étapes méiotiques. Il en résulte des irrégularités qui peuvent altérer le cours normal de la méiose et conduire à une diminution de la fertilité des gamètes donc la stérilité de la plante (Lavinscky et al., 2017). Les principales irrégularités (anomalies) méiotiques sont la cytomixie, les micronoyaux, les chromosomes retardataires, l'orientation anormale du fuseau achromatique, les cellules fusionnées ou syncytes, les ponts chromosomiques, la viscosité des chromosomes et la ségrégation chromosomique irrégulière.

Les anomalies survenant durant la méiose, telles que les défauts de ségrégation chromosomique (non-disjonction) ou les réarrangements structuraux (translocations, inversions), ont un impact direct sur la fertilité des plantes en engendrant la formation de gamètes aneuploïdes ou porteurs de déséquilibres génétiques (Ramsey et Schemske, 1998). Ces gamètes anormaux conduisent fréquemment à la stérilité, soit par leur inviabilité intrinsèque, soit par la production de zygotes non viables ou présentant des anomalies développementales (Khush, 1973).

La polyploidie, caractérisée par la présence de plus de deux jeux de chromosomes, est une conséquence fréquente des anomalies méiotiques liées à la défaillance de la réduction chromatique et représente un moteur évolutif significatif chez les plantes (Fawcett et al., 2009). La duplication du génome peut induire une spéciation rapide et conférer des avantages adaptatifs tels qu'une vigueur hybride accrue, une tolérance au stress améliorée et la diversification de voies métaboliques (Soltis et al., 2003).

2. 4. Anomalies méiotiques et stress environnemental

Diverses formes de stress environnemental, incluant les températures extrêmes, le déficit hydrique, la salinité et la pollution, peuvent perturber le déroulement précis de la méiose chez les plantes et augmenter la fréquence des anomalies chromosomiques (Ashraf et Foolad, 2007). Ces stress peuvent affecter l'appariement et la ségrégation des chromosomes, la recombinaison génétique et la viabilité des gamètes, entraînant une réduction de la fertilité et de la production de semences (Dolcet-Sanjuan et al., 1997). Comprendre les mécanismes par lesquels le stress environnemental induit des erreurs méiotiques est crucial pour développer des stratégies d'amélioration des cultures dans des conditions environnementales défavorables (Mittler, 2006).

3. Le pollen

3. 1. Définition

Le mot "pollen" vient du grec "pâle" qui signifie « farine ». Le mot "palynologie", issu de la même racine désigne l'étude scientifique des pollens (Kiared, 2015). Le pollen est le gamétophyte mâle qui forme et transporte les gamètes mâles. Lorsque le pollen entre en contact avec le stigmate la plante femelle, il achemine les noyaux reproducteurs jusqu'à l'oosphère contenu dans l'ovule par un tube pollinique et donnera naissance à une graine, après une double fécondation.

3.2. La structure de grain du pollen

Le grain de pollen mesure environ un millième de millimètre de diamètre (Ravazzi, 2007). Ce grain est constitué habituellement de deux ou trois cellules non cloisonnées qui forment deux noyaux haploïdes, le plus gros est le noyau végétatif et l'autre est le noyau reproducteur. Le grain de pollen est entouré d'une paroi structurée en deux couches (Fig. 1) :

- une couche externe appelée « exine », formée de la sporopollénine qui est une substance très résistante aux influences exogènes ; ce qui permet au pollen de survivre durant des siècles ;

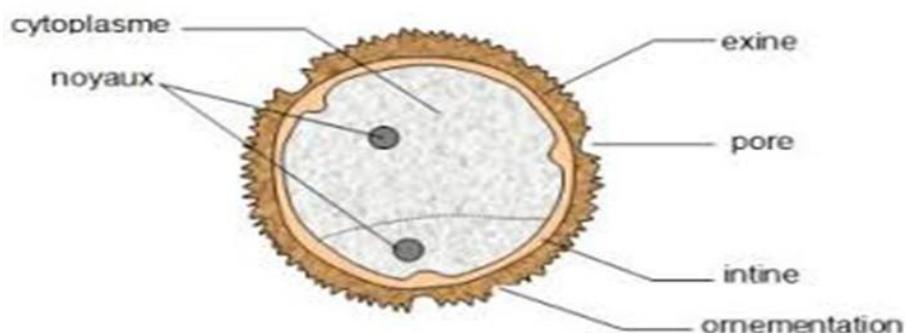


Fig. 1. Structure de grain de pollen (<https://tse1.mm.bing.net>)

-Une couche interne appelée « intine » composée de cellulose et de composés pectiques délimitant le cytoplasme qui contient les organites cellulaires incluant les noyaux (Macaluso-Galletta, 2004).

3. 3. Morphologie des grains de pollen

La morphologie des grains de pollen chez les plantes présente une diversité considérable en termes de taille, de forme, d'ornementation de l'exine (la paroi externe) et du nombre et de la disposition des apertures (pores ou colpus) (Ferguson et Pearce, 1986). Ces caractéristiques polliniques sont souvent spécifiques aux différents taxons au sein de la famille, voire au niveau générique ou spécifique, et constituent des outils précieux pour la taxonomie et la phylogénie des plantes (Graham et Barker, 1981). L'étude ultrastructurale de l'exine, révélant des motifs complexes et variés, apporte des informations complémentaires pour la délimitation des groupes et la compréhension de leurs relations évolutives (Banks et al., 2011).

3. 4. Taille des grains de pollen

Un grain de pollen est spécifique d'un groupe végétal, parfois même de l'espèce, ce qui permet d'identifier les plantes (Dutau, 2008). Les grains de pollen se différencient par leurs tailles, allant de 7 μm pour le myosotis à plus de 100 μm les malvacées et jusqu'à 150 μm pour la courge (Faegri & Iversen, 1989; Moore et al., 1991).

3. 5. Forme et taille des grains de pollen

La forme est un élément important pour déterminer les grains de pollen (Fig. 4). Les grains peuvent être sphériques ou allongés. Lorsqu'ils sont allongés selon son axe polaire, ils sont dits longiaxes. Lorsqu'ils sont aplatis selon cet axe polaire, ils sont dits bréviaxes (Dobson, 2000).

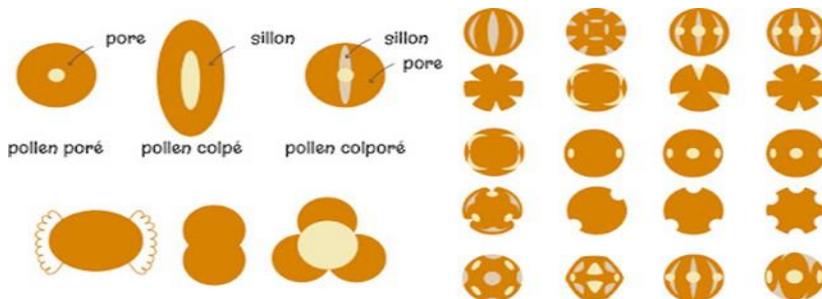


Fig. 2. Diversité morphologique des grains de pollen et leurs apertures

<http://www.encyclopollens.fr/la-face-cachee-des-pollens>

La taille des grains de pollen chez les plantes est une caractéristique phénotypique influencée à la fois par le génotype de la plante et par les conditions environnementales durant le développement du pollen (Stanley et Linskens, 1974). Au niveau génétique, le degré de ploïdie est un facteur déterminant, les plantes polyploïdes tendant à produire des grains de pollen de plus grande taille que leurs homologues diploïdes (брежнев, 1962). Les facteurs environnementaux tels que la température, la disponibilité en eau et les nutriments peuvent également moduler la taille des grains de pollen, soulignant l'interaction complexe entre le patrimoine génétique et le milieu dans la détermination de ce caractère (Harder et al., 2004).

4. Méthodes d'évaluation de la viabilité et liens avec les anomalies génétiques.

L'évaluation de la viabilité du pollen chez les plantes est cruciale pour comprendre leur succès reproducteur et peut être réalisée à l'aide de diverses méthodes, incluant les tests de coloration (e.g., coloration au carmin acétique, au bleu de méthylène), les essais de germination *in vitro* et l'observation morphologique (Heslop-Harrison et al., 1984). La présence d'anomalies génétiques, résultant notamment d'erreurs méiotiques, est souvent corrélée à une réduction de la viabilité pollinique (мужская стерильность у растений, 1984). Les gamètes aneuploïdes ou porteurs de déséquilibres chromosomiques ont fréquemment une capacité de germination réduite ou une croissance du tube pollinique altérée, ce qui entrave la fécondation et la production de graines viables (рис, 1979). L'étude conjointe de la viabilité pollinique et des anomalies génétiques permet de mieux appréhender les conséquences des perturbations méiotiques sur la reproduction chez les plantes.

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes d'étude

Ce travail est réalisé au niveau du laboratoire pédagogique de Biologie et Physiologie Végétales de la Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université A. MIRA de Béjaïa.

1. Matériel et produits chimiques nécessaires

Le matériel utilisé au cours de ce travail est :

- Un microscope optique
- Une loupe binoculaire
- Des lames porte-objet, lamelles
- Des pinces, aiguilles
- Bain-Marie
- Tubes Eppendorf
- Papier absorbant
- De l'eau distillée
- Bleu de coton, Orcéine lactopropionique (Colorants)

2. Matériel biologique

L'organe étudié est de jeunes fleurs de deux populations différentes d'une espèce appartenant au clade des Fabids échantillonnées dans la région d'Adékar dans la wilaya de Béjaïa. Ces fleurs sont récoltées puis fixées et conservées *in situ* dans des flacons en verre contenant du Carnoy. Pour le pollen, au total, 30 fleurs pour chaque population sont traitées. Dans l'analyse de la méiose, 22 fleurs sont prises en considération.

3. Méthodes d'analyse

Deux analyses sont réalisées :

- L'analyse du pollen consiste en une estimation de la production de grains de pollen, de leur taille et du taux de viabilité pollinique.
- L'analyse du déroulement de la méiose qui consiste à décrire les différents stades de la méiose.

3. 1. Analyse de la méiose

Elle passe par plusieurs étapes :

- Fixation et conservation

Les jeunes fleurs des deux populations sont fixées *in situ* dans du Carnoy. La fixation est obligatoire car elle assure un arrêt rapide de division cellulaire sans détruire les phases clés et la structure chromosomique.

- Hydrolyse acide

Les fleurs sont soumises à une hydrolyse dans un bain-Marie de 2 à 3 minutes dans HCl (1N) dans des tubes Eppendorf. Ensuite, l'élimination de l'acide chlorhydrique est faite par rinçage à l'eau du robinet.

- Coloration

Les échantillons sont, ensuite, soumis à une coloration à l'orcéine propionique. Le but de cette étape est d'améliorer la visibilité des phases clés lors de leurs observations.

- Préparation des lames

Avec une pince propre, on dépose le bouton floral dans une goutte d'eau sur une lame porte objet.

A l'aide des aiguilles, on sépare les anthères sur différentes lames puis on ajoute une goutte d'orcéine. On recouvre ensuite avec une lamelle. Finalement on applique une légère pression sur la lamelle puis on passe directement à l'observation. On commence par le faible grossissement puis on passe au plus fort.

- L'observation

L'observation des phases des différentes phases de la méiose est faite directement après l'écrasement au microscope photonique. D'abord on commence par le faible grossissement (Grossissement=10), puis au plus fort grossissement (grossissement=40). Le comptage commence de l'extrémité droite à l'extrémité gauche de la lamelle en suivant un chemin vertical de haut en bas de la lamelle pour déterminer le nombre total de cellules observées dans chaque lame.

3.2. Analyse du pollen

Les échantillons floraux sont prélevés sur des plantes en période de floraison, en sélectionnant des fleurs à anthères matures mais non encore déhiscentes afin de préserver l'intégrité des grains de pollen. Cette analyse passe également par plusieurs étapes :

- Fixation

Le fixateur permet de stopper rapidement les divisions cellulaires tout en préservant la structure cellulaire. Grâce à son effet aseptisant, il assure également une bonne conservation du matériel végétal sur une longue durée (Jahier et al., 1992). Les fleurs récoltées sont fixées *in situ* dans du Carnoy. Les fixateurs peuvent figer tous les composants cellulaires sans les altérer. Les fleurs sont conservées jusqu'à leur utilisation.

- Préparation des lames

Les fleurs analysées sont des fleurs âgées. Sous une loupe binoculaire, on met une fleur mûre sur une lame porte-objet, les 5 étamines sont prélevées. Avec deux aiguilles on déchiquète tout en ajoutant une goutte d'eau pour libérer le plus de pollen possible qui se trouve à l'intérieur.

- La coloration

Un colorant est une substance chimique colorée capable d'impartir sa teinte à d'autres corps. Il agit en absorbant certaines longueurs d'onde de la lumière et en diffusant ou diffractant les radiations complémentaires, ce qui détermine la couleur perçue.

Pour évaluer le taux de viabilité pollinique, nous avons suivi le protocole décrit par Mertens et Hammer Smith (1998), basé sur une coloration au bleu de coton dans une solution de lactophénol. Cette solution est préparée en mélangeant, dans l'ordre suivant : 20 g d'acide lactique, 20 g de phénol en cristaux, 40 g de glycérine, 2 litres d'eau distillée et 0,5 g de bleu de méthyle. Chaque composant doit être dissout progressivement avec agitation modérée à l'aide d'une baguette en verre. La dissolution du bleu de méthyle peut être lente ; il est recommandé de laisser reposer la solution pendant 24 heures avant de l'agiter de nouveau. Ce colorant est appelé ‘bleu de coton’ au lactophénol ou bleu de méthyle ou bleu C4B (Fig.3). C'est un colorant acide utilisé en mycologie pour l'observation au microscope en général, car il est sensible à la callose qui compose la paroi des hyphes des champignons, et notamment pour mettre en évidence l'ornementation sporale.



Fig. 3. Photographie d'un flacon contenant du bleu de coton

Après la coloration, on recouvre la lame avec une lamelle. On élimine, ensuite le surplus de colorant à l'aide du papier absorbant, prenant soin de ne pas faire bouger la lamelle (Fig.4).



Fig. 4. Photographie des lames avec les grains de pollen colorés au bleu de coton

- Observation

Après 30 minutes de coloration, l'observation est effectuée au microscope optique avec un grossissement de 10x10. Le comptage des grains de pollen fertiles et non fertiles est ensuite réalisé en parallèle par balayage de la lame, à un grossissement de 10x40. Un grain de pollen est considéré comme viable (fertile) s'il présente une forme ronde, une surface lisse et une coloration bien marquée. À l'inverse, il est jugé non viable (stérile) s'il est partiellement ou totalement incolore. Par ailleurs, des critères taxonomiques tels que le nombre, la forme et la disposition des apertures sont également pris en compte.

La taille des grains de pollen (surface) est mesurée à partir des photographies obtenues. Les images sont analysées à l'aide d'un logiciel spécialisé qui est ImageJ. Il permet une mesure précise des dimensions en micromètres (μm). Un échantillon de 100 grains par individu est mesuré pour obtenir une moyenne représentative. Les variations de taille sont utilisées comme indicateur indirect de l'hétérozygotie ou des anomalies de développement.

3. 2. Analyse statistique des données

Les données issues des analyses palynologiques (viabilité, taille, forme) sont soumises à des traitements statistiques afin d'identifier d'éventuelles différences significatives entre les groupes d'individus ou entre les sites d'échantillonnage.

Le taux de viabilité pollinique est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{TVP (\%)} = (\text{N}/(\text{N}+\text{AN})) * 100$$

TVP (%) : Taux de viabilité pollinique

N : Nombre de grains de pollen viables

AN : Nombre de grains de pollen non viables

- La taille des grains de pollen viables est estimée à partir d'images analysées à l'aide de deux logiciels :

- **Adobe Photoshop CS7**, un outil de conception graphique et de retouche d'images,
- **ImageJ**, un logiciel spécialisé dans l'analyse et le traitement d'images.

Dans un premier temps, les grains de pollen viables de chaque population sont délimités et isolés à l'aide d'Adobe Photoshop CS7. Ensuite, leur surface cellulaire est mesurée avec le logiciel ImageJ.

Chapitre III
Résultat et discussions

Notre travail porte sur une analyse cytogénétique et sur une étude du pollen sur deux échantillons appartenant d'une même espèce appartenant au Clade des Fabids récoltés dans la région d'Adékar dans la wilaya de Béjaïa.

L'analyse cytogénétique consiste à observer les différents stades de la méiose et de relever éventuellement des anomalies méiotiques (déroulement irrégulier de la méiose).

L'étude du pollen porte sur deux populations du même clade échantillonnée dans la même région. Nous avons évalué la production de grain de pollen, la forme des grains de pollen, le taux de viabilité du pollen et la surface des grains de pollen (taille).

1. Analyse du déroulement de la méiose

Les différentes étapes de la méiose n'ont pas pu être observées vu l'âge avancé des fleurs analysées. Seul le stade tétrade a pu être observé. Sur un total de 13778 de cellules observées, nous avons trouvé 6313 tétrades régulières soit un taux de 45.81% (Fig. 5). Nous avons comptabilisé 7465 tétrades irrégulières soit un taux de 54.16%. Ces irrégularités consistent en la présence de monades, de diades avec micro noyaux et de triades (Tab. I, Fig 6)

Ces anomalies peuvent entraîner des effets néfastes sur la santé et le développement de l'organisme.



Fig. 5. Photographie d'une tétrade observée dans l'échantillon du clade des Fabids au microscope photonique, G : 10x40. Barre d'échelle =10µm

Tab. I. Taux d'anomalies méiotiques évalués dans l'échantillon du clade de Fabids analysé au microscope optique.

	Nombre d'anomalies	Taux d'anomalies
Monade	1603	11.63
Diade	73	0.52
Triade	5789	42.01
Total	7465	54.16

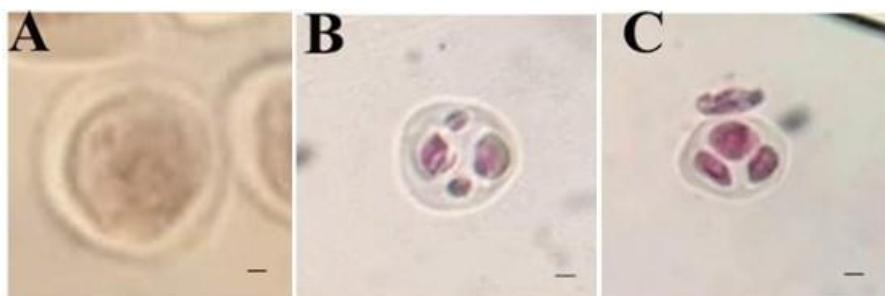


Fig. 6. Principales anomalies méiotiques observées dans l'échantillon du clade de Fabids sous microscope optique, G : 10x40. A : Monade, B : Diade avec un deux micro noyaux, C : Triade. Barre d'échelle=10µm

2. Etude du pollen

Cette étude a pour but d'examiner le pollen de deux populations du clade des Fabids à des fins comparatives. La forme des grains de pollen, la production des grains de pollen, le taux de viabilité du pollen et la taille des grains de pollen sont déterminés.

2.1. Morphologie du pollen

L'analyse de la morphologie du pollen a été effectuée par observation directe au microscope optique de grains préalablement colorés au bleu de coton. De manière générale,



Fig. 7. Photographies des grains de pollen montrant une forme arrondie et présentant trois pores (triporé) observés au microscope optique G : 10x40. Barre d'échelle=10µm

2.2. Production des grains de pollen

2.2.1. Population 1

La **production de pollen** a été estimée à partir de trente fleurs de l'espèce étudiée. Les résultats, représentant le nombre de grains de pollen par fleur, sont illustrés dans la **figure 8 sous forme de diagramme en bâtonnets**.

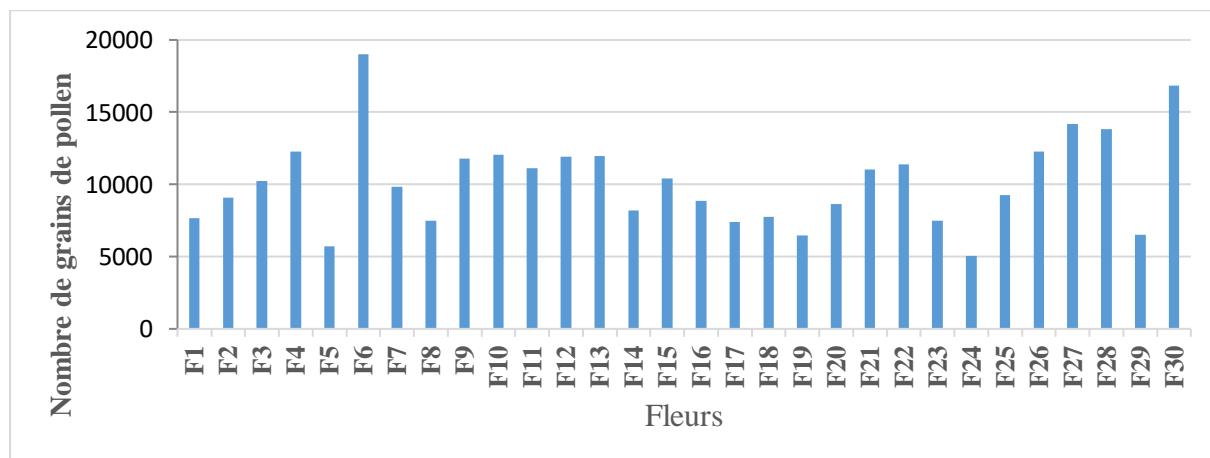


Fig. 8. Le nombre de grains de pollen produit au niveau de chaque fleur de la population 1 du Clade des Fabids

L'analyse des fleurs (Fig. 8) révèle une variation significative du nombre de grains de pollen, allant 5051 à 19018 par fleur. La majorité des fleurs examinées contenaient plus de 8000.

La variabilité observée dans la quantité de grains de pollen entre les fleurs, est vraisemblablement d'origine génétique, en particulier liée à des anomalies méiotiques. Cette hypothèse est renforcée par le fait que l'échantillon analysé provient d'une station unique, soumise à des conditions écologiques homogènes, néanmoins, comme le rapportent Maria Teresa et al. (2004), les facteurs météorologiques peuvent également moduler la production, l'émission et la dispersion des grains de pollen.

2.2.2. Population 2

On estime la production de pollen à trente fleurs de l'espèce analysée, et les résultats sont illustrés dans la figure 9 sous forme d'un diagramme en bâtonné représentant le nombre de grains de pollen par fleur.

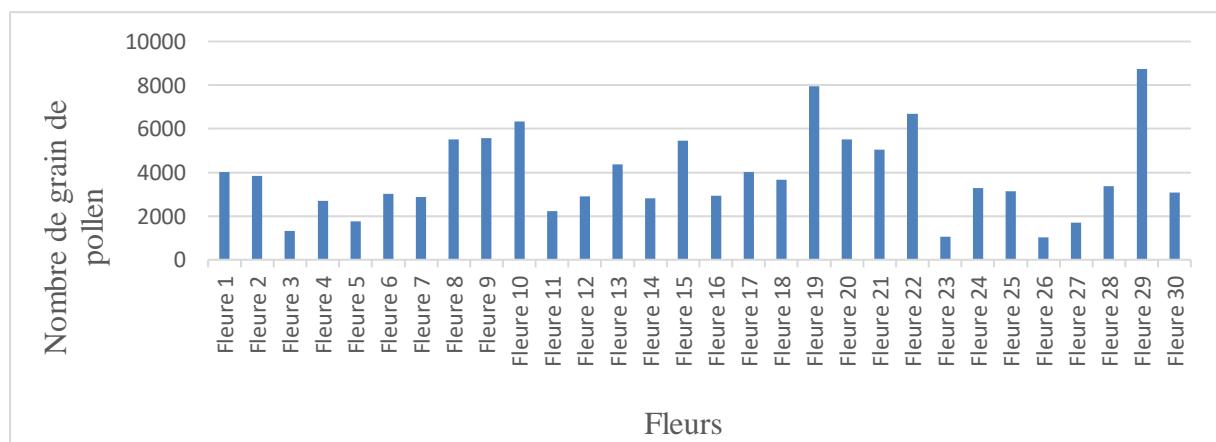


Fig. 9. Le nombre de grains de pollen produit au niveau de chaque fleur de la population 2 du Clade des Fabids

L'analyse quantitative de la production de pollen chez 30 fleurs révèle une importante variabilité interindividuelle. Le nombre de grains de pollen, exprimé en centaines, varie de 1000 (Fleur 23 et Fleur 26) à 8800 (Fleur 30).

La moyenne estimée pour la production de pollen se situe autour de 4000 à 5000 grains x 100.

Plusieurs fleurs dépassent nettement ce seuil, notamment, les Fleurs 8, 9, 10, 19, 22 et **30** présentant des valeurs remarquablement élevées (supérieures à 6000). À l'inverse, des fleurs comme la **Fleur 3, Fleur 5, Fleur 23, Fleur 26 et Fleur 27** affichent des valeurs nettement inférieures, certaines atteignant à peine les 1000 grains.

2.2.3. Comparaison

La figure 10 ci-dessous compare la production des grains de pollen de deux populations analysées.

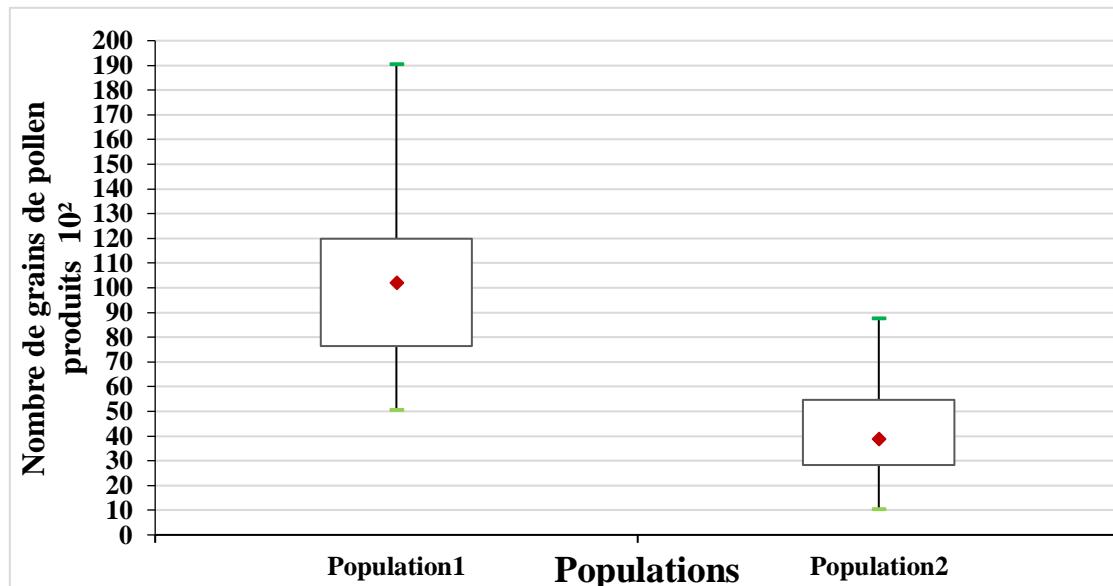


Fig. 10. Comparaison de nombre des grains de pollen entre deux populations de l'espèce analysée

Le diagramme en boîte comparant le nombre de grains de pollen produits par les deux populations met en évidence une différence marquée entre ces dernières. La **population 1** présente une production pollinique nettement plus élevée, avec une médiane avoisinant les 100×10^2 grains de pollen, et une large dispersion des données, allant d'environ 50×10^2 à près de 190×10^2 grains. En revanche, la **population 2** affiche une production bien plus faible, avec une médiane proche de 40×10^2 et une plage de variation plus restreinte. Cette différence

Pourrait être attribuée à des facteurs génétiques, des conditions écologiques contrastées (type de sol, disponibilité en ressources, stress environnementaux), ou encore à des différences dans la vigueur ou le développement floral entre les deux populations. La variabilité plus importante observée au sein de la population 1 suggère également une plus grande diversité individuelle ou une influence environnementale hétérogène. Sur le plan reproductif, une production plus importante de pollen peut conférer un avantage sélectif en augmentant les chances de fécondation, bien que cela dépende également de la qualité du pollen et de la pollinisation effective.

2.3. Viabilité pollinique

Le pourcentage de viabilité pollinique se calcule en divisant le nombre de grains de pollen viables par le total observé. Les grains de pollen viables présentent une forme régulière et sont fortement teintés de bleu de coton, tandis que les grains de pollen. Des formes et couleurs irrégulières sont considérées comme non viables (Fig. 11)

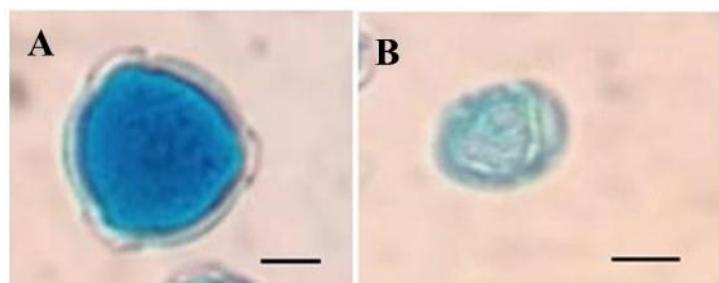


Fig. 11. Photographies d'une préparation montrant un grain de pollen viable (A) et un grain de pollen non viable (B) observés au microscope optique après coloration au bleu de coton dans la population étudiée, G : 10x40. Barre d'échelle=10µm

2.3.1. Population 1

Les taux de viabilité pollinique sont estimés pour les trente fleurs de l'espèce étudiée et sont présentés dans la figure 12.

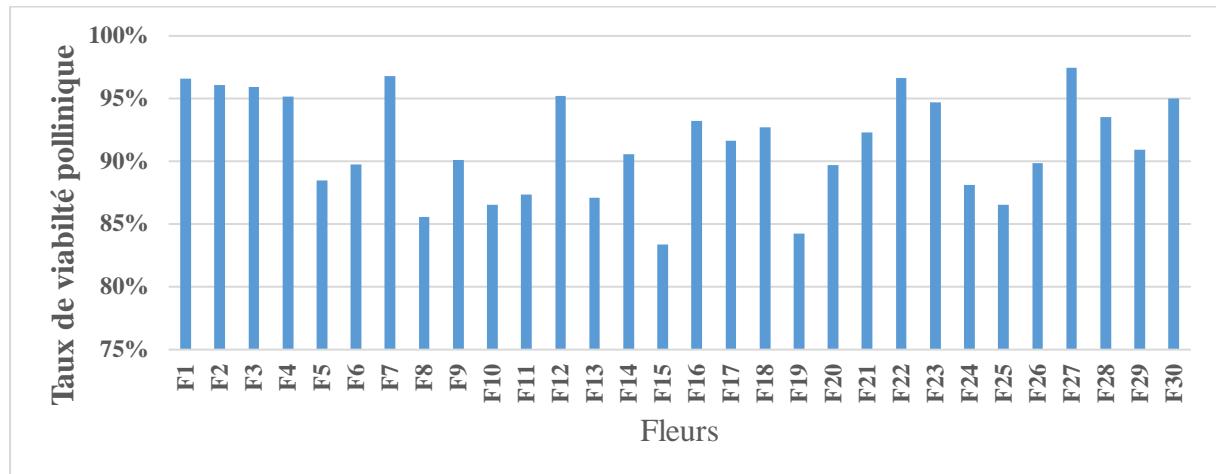


Fig. 12. Le taux de viabilité au niveau de chaque fleur de la population 1 du Clade des Fabids analysé

Le graphique présente les taux de viabilité pollinique (%) de 30 fleurs (F1 à F30). La viabilité pollinique est globalement élevée, avec des valeurs comprises entre **83%** et **98%**. La majorité des fleurs présente un taux supérieur à **90%**, ce qui indique une bonne qualité des grains de pollen.

Les fleurs les plus viables sont **F7, F1, F22, et F27**, toutes atteignant ou dépassant les **96%** de viabilité. En revanche, les fleurs **F15, F19, F24 et F25** affichent les taux les plus bas, avoisinant les **83 % à 85 %**, ce qui suggère une certaine fragilité ou un défaut de maturation du pollen dans ces cas particuliers.

Les résultats obtenus montrent une **bonne viabilité globale** du pollen chez les différentes fleurs étudiées, ce qui est généralement favorable à la réussite de la reproduction sexuée. Toutefois, la **variabilité observée entre les fleurs** indique que certains facteurs peuvent affecter la qualité du pollen.

2.3.2. Population 2

La figure 13 présente les taux de viabilité du pollen pour 30 fleurs distinctes. Les valeurs observées sont remarquablement élevées, oscillant principalement entre **90% et 100%**. On note une **très faible variabilité** entre les différentes fleurs. La majorité des

échantillons (notamment de Fleur 4 à Fleur 30) présentent un taux de viabilité proche ou égal à **100%**, ce qui témoigne d'un **pollen hautement fonctionnel**. Quelques fleurs, comme **Fleur 1, Fleur 2 et Fleur 3**, affichent des taux légèrement inférieurs, bien que toujours supérieurs à **90 %**, ce qui reste dans une plage très acceptable sur le plan physiologique.

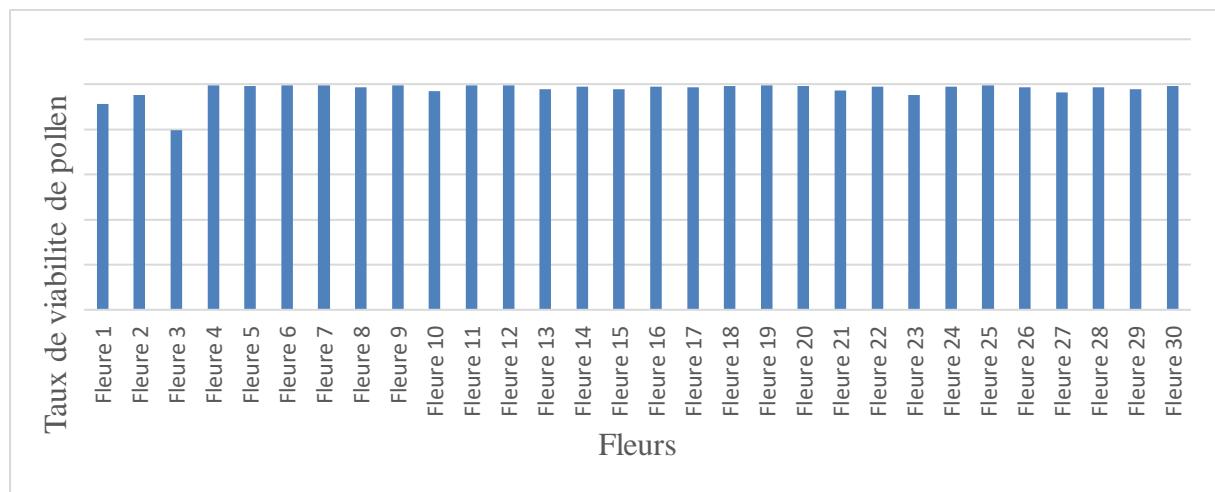


Fig. 13. Le taux de viabilité au niveau de chaque fleur de la population 2 du clade des Fabids analysé

2.3.3. Comparaison

La figure 14 ci-dessous compare le taux de viabilité de deux populations analysées.

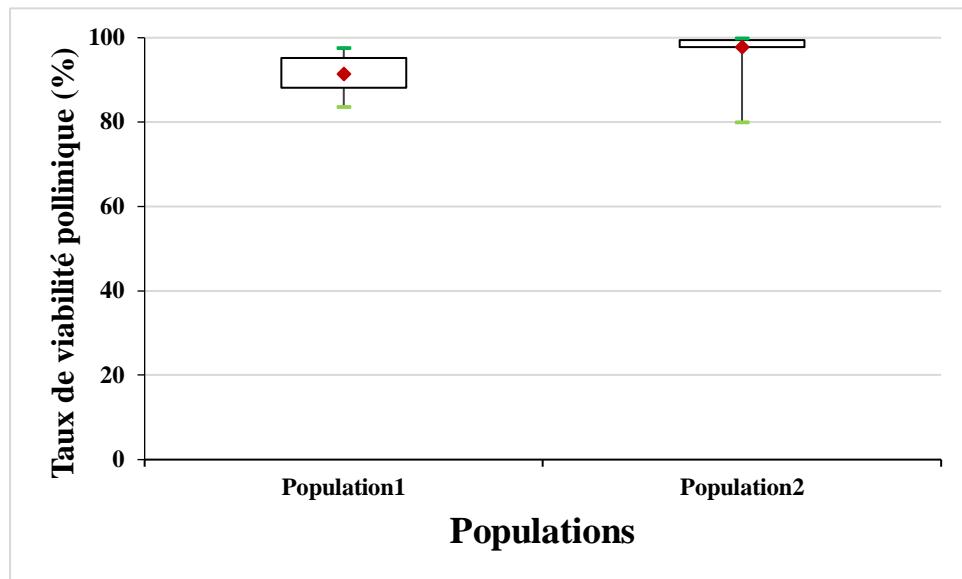


Fig. 14. Comparaison de taux de viabilité pour les deux populations analysées

Cette figure montre que les deux populations présentent globalement une viabilité pollinique élevée, supérieure à 90 %. Toutefois, Population2 affiche une moyenne légèrement supérieure à celle de Population 1, avec une dispersion des données nettement plus faible, traduisant une homogénéité élevée au sein de cette population. En revanche, Population 1 présente une plus grande variabilité, comme le montre l'étendue plus large de la boîte et des moustaches. Cette différence suggère que la viabilité pollinique est plus stable et potentiellement plus optimale dans Population 2. De plus, bien que les deux populations atteignent des valeurs proches de 100 %, la dispersion observée chez Population 1 pourrait indiquer une influence plus marquée de facteurs environnementaux ou génétiques sur la viabilité pollinique dans cette population. Ces résultats mettent en évidence une supériorité apparente de Population 2 en termes de régularité et de constance de la viabilité pollinique.

2.4. Surface des grains de pollen

2.4.1. Population 1

La figure 15 ci-dessous montre la distribution de la surface des grains de pollen (PGA) pour 30 fleurs. On observe une variabilité notable entre les échantillons de Population 1.

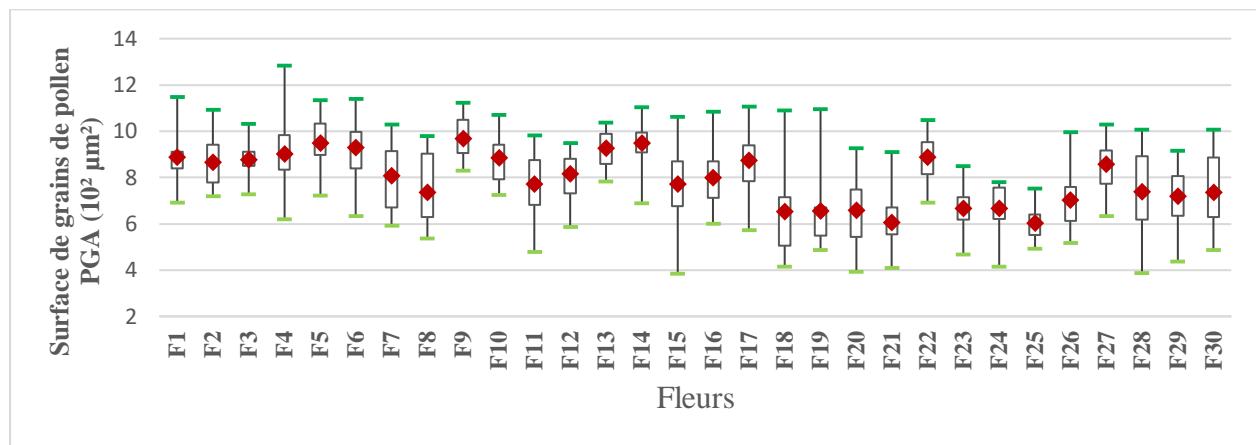


Fig. 15. La variation de la surface des grains de pollen entre les fleurs étudiées de la population 1

- Les médianes de surface varient globalement entre **6,0** et **9,5**. avec certain extrême dépassant 12 ou descendant en dessous de 5.
- Des fleurs comme **F4, F7, F15, F21, F26** montrent une dispersion plus large, traduisant une forte hétérogénéité intra-fleur.
- D'autres, comme **F1, F2, F6, F9**, présentent des boîtes plus resserrées, témoignant d'une population pollinique plus homogène.
- Les losanges rouges, représentant les moyennes, sont généralement proches des médianes, mais quelques cas tel que F4 et F21 montrent une dissymétrie marquée, indiquant la présence de valeurs extrêmes ou asymétrie de distribution.

2.4.2. Population 2

La surface des grains de pollen est estimée pour trente fleurs analysée. Au total, une analyse de la surface de six cent (600) grains de pollen viables réalisée de la population 2. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de boîtes à moustache illustrées dans la figure 16.

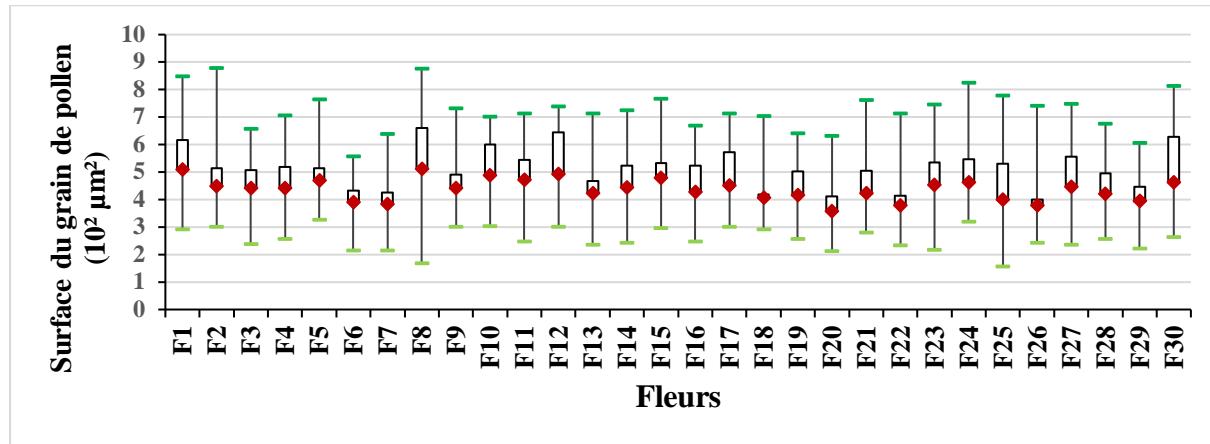


Fig. 16. La variation de la surface des grains de pollen entre les fleurs étudiées de la population 2

L’analyse de la surface des grains de pollen (exprimée en $10^2 \mu\text{m}^2$) chez les 30 fleurs étudiées révèle une variabilité notable entre les échantillons. La majorité des fleurs présentent des valeurs médianes comprises entre 4 et 5,5, avec des moyennes proches de ces valeurs, suggérant une distribution relativement symétrique. Certaines fleurs, notamment F1, F8, F24 et F30, se distinguent par une plus grande dispersion des valeurs (boîtes étendues et moustaches longues), traduisant une hétérogénéité plus marquée dans la taille des grains de pollen. À l’inverse, des fleurs comme F5, F9 et F16 montrent une distribution plus resserrée, indiquant une plus grande homogénéité morphologique.

2.4.3. Comparaison

La figure 17 ci-dessous compare la surface de deux populations analysées.

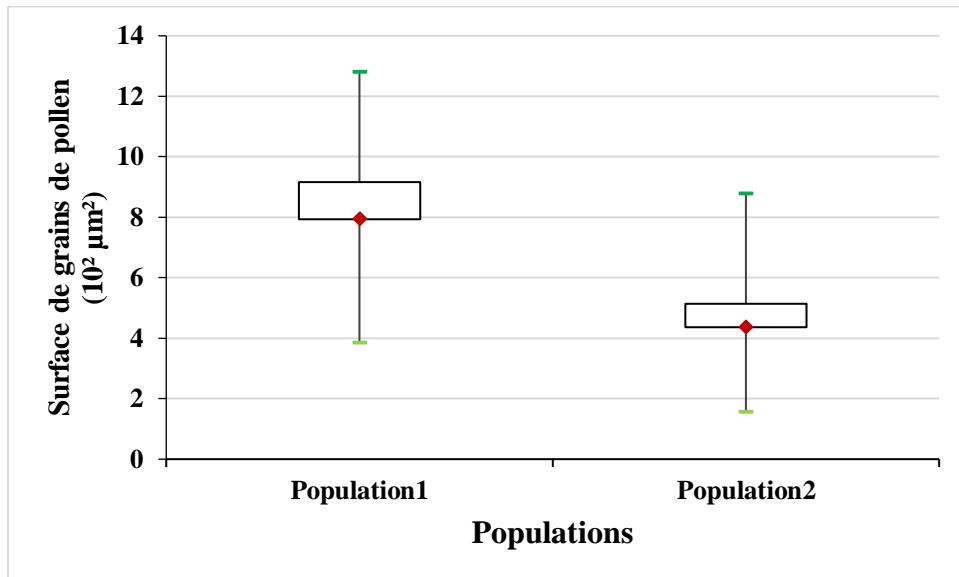


Fig. 17. Comparaison de la variation de la surface des grains de pollen entre les deux populations analysées.

Cette figure compare la surface des grains de pollen (exprimée en $10^2 \mu\text{m}^2$) entre les deux populations. Elle met en évidence une différence notable dans la taille moyenne des grains de pollen entre les deux groupes. La Population 1 présente une surface moyenne de grains de pollen plus élevée (environ $8 \times 10^2 \mu\text{m}^2$), avec une variabilité importante (étendue interquartile large et présence de valeurs extrêmes atteignant plus de $12 \times 10^2 \mu\text{m}^2$). En revanche, la Population 2 montre une surface moyenne significativement plus faible (autour de $5 \times 10^2 \mu\text{m}^2$), avec une variabilité moindre et une distribution plus resserrée. Cette différence pourrait refléter une divergence génétique ou des adaptations éco physiologiques liées aux conditions environnementales distinctes entre les deux populations. Ces résultats suggèrent une variation intra spécifique potentiellement liée à des facteurs évolutifs ou écologiques.

Conclusion

Conclusion

La présente étude se concentre sur une analyse cytogénétique d'une espèce appartenant au clade des Fabids échantillonnée dans la région d'Adékar (Béjaïa). Pour traiter cette problématique, nous avons choisi d'utiliser des méthodes classiques de cytogénétique pour l'examen de la méiose pollinique et une étude du pollen. L'analyse du pollen consiste en une estimation de la production de grains de pollen, de leur taille et du taux de viabilité pollinique. L'analyse du déroulement de la méiose consiste à décrire les différents stades de la méiose.

L'étude de la méiose est réalisée après une coloration à l'orcéine propionique. Pour évaluer le taux de viabilité pollinique, nous avons suivi le protocole décrit par Mertens et Hammer Smith (1998).

Les observations cytogénétiques ont permis de détecter plusieurs anomalies méiotiques 54.16% susceptibles d'affecter la reproduction sexuée et, par conséquent, la diversité génétique des populations végétales.

Sur le plan pollinique, les résultats ont montré une production de pollen variable d'une fleur à l'autre de [1000~20000] accompagnée d'un taux de viabilité globalement élevé [85%, ~100%], ce qui témoigne d'une fleur à fertilité potentiellement satisfaisante de l'espèce dans les conditions écologiques de la région.

L'analyse morphologique des grains de pollen a également mis en évidence une hétérogénéité en termes de taille, pouvant être liée à des facteurs génétiques ou environnementaux spécifiques à la zone d'étude.

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que l'espèce étudiée dispose d'un bon potentiel de reproduction dans son milieu naturel ; ce qui constitue un atout pour sa conservation et son éventuelle valorisation.

Pour affiner ces observations, il serait judicieux de poursuivre les investigations en intégrant des approches moléculaire écophysiologie afin de mieux comprendre les mécanismes adaptatifs de cette espèce au sein du clade des Fabids dans cette région montagneuse d'Algérie

Liste des références bibliographies

Liste des références bibliographiques :

- Alberts, B., Johnson & al (2022). *Molecular Biology of the Cell* (7e éd.). W. W. Norton & Company.
- Banks, J. A., et al. (2011). The Selaginella genome and vascular plant evolution. *Science*, 332(6032), 960–963. <https://doi.org/10.1126/science.1203810>
- Birlouez, E. (2022). *Petite et grande histoire des céréales et légumes secs*. Éditions Quae.
- Bione, S., & Toniolo, D. (2000). Reproductive meiotic processes. *Seminars in Reproductive Medicine*.
- Bonnemain, J.-L., & Dumas, C. (1998). *La biologie végétale*. Presses Universitaires de France.
- Bouderoua, K. (1995). Caractéristiques biochimiques des farines de glands. Mémoire de magistère, INA El-Harrach.
- Brejnev, D. D. (1962). Les grains de pollen et leur importance systématique. Moscou : Naouka.
- Buchet, J. P., et al. (1995). Tumor markers and cytogenetic aberration in workers. *Am. J. Ind. Med.* , 27, 523–543.
- Christenhusz, M. J. M., & Byng, J. W. (2016). Le nombre d'espèces végétales connues. *Magnolia Press*, 3, 201–217.
- Dobson, H. E. M. (2000). Pollen and pollination. In S. S. H. Kevan (Ed.), *Pollination Ecology*.
- Dolcet-Sanjuan, R., et al. (1997). Androgenesis in Capsicum annuum. *HortScience*, 32(3), 460–461.
- Dutau, G. (2008). Le pollen et ses impacts sur la santé. *Rev. fr. d'allergol.* , 48(2), 101–109.
- Faegri, K., & Iversen, J. (1989). *Manuel d'analyse pollinique* (4e éd.). Wiley.

Liste des references bibliographies

- Ferguson, I. K., & Pearce, T. A. (1986). *Pollen Morphology and Plant Systematics*. Clarendon Press.
- Foolad, M. R., et al. (2007). Tomato seed germination QTLs. *Int. J. Plant Genomics*. <https://doi.org/10.1155/2007/97386>
- Genes Dev. (1997). PARP and genomic stability. *Genes & Development*, 11(18), 2347–2358.
- Graham, S. A., & Barker, N. P. (1981). Pollen morphology in taxonomy. *Botanical Review*, 47(2), 123–154.
- Haber, J. E. (2012). Duplex DNA break repair. *Current Biology*, 22(19), R839–R843.
- Harder, L. D., Aizen, M. A., & Richards, S. A. (2004). Pollen tube growth biology. *Trends Ecol. Evol.* , 19(10), 538–543.
- Heslop-Harrison, J., et al. (1984). Fluorochromatic reaction for pollen viability. *Stain Technology*, 59(2), 101–110.
- Hilu, K. W., et al. (2003). Angiosperm phylogeny based on matK. *Am. J. Bot.* , 90(12), 1758–1777.
- Jolivet, C., et al. (2018). Importance des Rosaceae pour les polliniseurs. *Rev. Écologie*, 73(3), 249–258.
- Judd, W. S., et al. (2016). *Plant Systematics* (4e éd.). Sinauer Associates.
- Khush, G. S. (1973). *Cytogenetics of Aneuploids*. Academic Press.
- Kiared, K. (2015). *Introduction à la palynologie*. Université d'Alger.
- Lavinsky, A. O., et al. (2017). Carbon partitioning under water deficit. *Crop Journal*, 3(6), 517–526.
- Lodish, H., et al. (2000). *Molecular Cell Biology*. W. H. Freeman.

Liste des références bibliographies

- Macaluso-Galletta, G. (2004). Structure du pollen. *Rev. Microsc.* , 62(3), 135–148.
- Moore, P. D., et al. (1991). *Analyse pollinique* (2e éd.). Blackwell.
- Moorhead, P. S., et al. (1960). Chromosome preparations of leukocyte cultures. *Exp. Cell Res.* , 20, 613.
- Musacchio, A., & Salmon, E. D. (2007). Spindle checkpoint review. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* , 8(5), 379–393.
- Мужская стерильность у растений. (1984). La stérilité mâle chez les plantes. Leningrad : Наука.
- Pagliarini, M. S. (2000). Meiotic behavior and sterility. *Genet. Mol. Biol.* , 23(4), 997–1002.
- Peter, H. R., et al. (2011). *Biologie*. De Boeck Supérieur.
- Ravazzi, C. (2007). Pollen morphology and taphonomy. In Huntley & Birks (Eds.), *Springer*.
- Рис, М. И. (1979). La méiose et ses anomalies chez les plantes. Kiev : Наукова думка.
- Ronse, L. P. (2022). *Rosids: The Diplostemonous alliance*. Cambridge University Press.
- Simpson, M. G. (2010). Diversity of flowering plants. In *Plant Systematics* (2e éd.). Academic Press.
- Soltis, D. E., et al. (2018). *Phylogeny and Evolution*. Univ. of Chicago Press.
- Souza, M. M., & Pereira, T. N. S. (2011). Meiosis in Passiflora. *Rev. Bras. Bot.* , 34(1), 65–66.
- Stanley, R. G., & Linskens, H. F. (1974). *Pollen: Biology, Biochemistry, Management*. Springer.

Liste des references bibliographies

- Simpson, H. V. H. (2019). *The spelling of phonemes* [Master's thesis, Univ. of Bergen].
- Turleau, C., & Prieur, M. (2000). Anomalies chromosomiques. *Service de cytogénétique Necker*.
- Vance, C. P., et al. (2000). Biological nitrogen fixation. In *Nitrogen Fixation* (Vol. 38). Springer.

Résumée

Ce mémoire porte sur une étude palynologique et cytogénétique d'une espèce du clade des Fabids, dans la région d'Adékar (Béjaïa). L'objectif est de comprendre le potentiel reproducteur et la stabilité génétique à travers l'analyse du pollen et de la méiose. Les résultats montrent un taux élevé d'anomalies méiotiques, mais aussi une viabilité pollinique importante (>90%), avec des variations entre populations. Ces observations révèlent une diversité génétique intra-spécifique et confirment l'importance de telles études pour la conservation des ressources végétales locales.

Abstract

This dissertation focuses on a palynological and cytogenetic study of a species from the Fabids clade in the Adékar region (Béjaïa, Algeria). The main objective is to assess the reproductive potential and genetic stability through pollen characterization and meiotic analysis. Results reveal a high frequency of meiotic anomalies, along with overall high pollen viability (>90%), though inter-population differences were observed. These findings highlight intraspecific genetic diversity and underscore the importance of such studies for the conservation of local plant resources.

الملخص

يركز هذا البحث على دراسة بالينولوجية وسيتوجينية لنوع نباتي من رتبة الفابيدز في منطقة أدكار (بجاية، الجزائر)

الهدف الرئيسي هو تقييم القدرة التكاثرية والاستقرار الجيني من خلال تحليل حبوب اللقاح وملاحظة الانقسام المنصف
أظهرت النتائج وجود معدل مرتفع من الشذوذات الانقسامية، إلى جانب نسبة عالية من حيوية حبوب اللقاح (<90%)، رغم
وجود بعض الفروقات بين الجماعات المدروسة

تشير هذه النتائج إلى وجود تنوع جيني داخل النوع، وتبرز أهمية هذه الدراسات في حفظ واستثمار الموارد النباتية المحلية.