

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 de Biologie physico-chimique
Spécialité : Génétique Fondamentale et Appliquée

Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER

Thème

**Etude cytogénétique de quelques espèces du
genre *Silene* L. (Caryophyllacées) en Algérie**

Présenté par :

BENIDIRI Ryma et BOUKOU Wissem

Soutenu le : 13/09/2022

Devant le jury composé de :

Mme Rahmani-Berboucha M.
M. Sahnoune M.
Melle Benmouhoub H.
Mme Atmani D.

MAA	Présidente
Professeur	Promoteur
MAA	Co-Promotrice
Professeur	Examinatrice

Année : 2021 / 2022

Remerciements

PAR DESSUS TOUT, ON LOUE DIEU TOUT-PUISSANT QUI NOUS A DONNÉ LA FORCE, LA SANTE ET LA PERSEVERENCE DURANT LA REALISATION DE CE PROJET DE FIN D'ETUDE.

Nos remerciements les plus dévoués sont adressés à M. SAHNOUNE M. professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de Bejaia et directeur du laboratoire de recherche d'écologie et environnement tout d'abord pour sa loyauté, notre immense reconnaissance pour sa bonté, sa conscience et sa compétence exemplaire avec lesquelles il a inlassablement guidé notre modeste travail.

Nos remerciements les plus sincères vont à Mlle BENMOUHOUH H. et Mlle ZEMMOURI T. pour leur aide pratique, soutien moral et encouragements ainsi que leurs conseils avisés tout au long de la période du stage.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à Mlle MESBAH M. pour son enthousiasme, son inestimable aide envers qui on est profondément reconnaissante pour son investissement dans l'élaboration des sorties pédagogiques ainsi que sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Nos vifs remerciements vont aux membres du jury pour avoir accepté de juger notre présent travail.

Nos remerciements les plus sincères en provenance du cœur vont vers tous les membres du Laboratoire de recherche d'Écologie et Environnement pour leur infaillible soutien, leur générosité sans fin et de nous avoir donné cette chance-là d'effectuer notre stage pratique dans les meilleures conditions qui puissent y avoir.

Que tous ceux, enseignants, chercheurs ou personnes qui ont de près ou de loin collaboré à notre travail par leurs informations, critiques ou conseils, trouvent dans ces quelques lignes l'expression de notre vive gratitude.

**« En vérité, le chemin
importe peu, la volonté
d'arriver suffit à tout ».**
Albert Camus.

Dédicace

***A MA TRES CHERE MAMAN** qui a été une source inépuisable d'encouragement et un pilier d'appui sans faille. Ce projet de fin d'étude représente donc l'aboutissement qu'elle m'a prodigués tout au long de ma scolarité. Qu'elle en soit remerciée par cette trop, modeste dédicace.*

***A MES GRAND-PARENTS AINSI QUE MES 3 ONCLES BRAHAM, TOUFIK ET TAKFARINES** pour leurs encouragements, leurs disponibilités. Vous avez participé à faire de moi ce que je suis aujourd'hui. Cela restera gravé à jamais dans ma mémoire, MERCI.*

***A MA TRES CHERE TANTE KAHINA ET SON EPOUX RAHIM** pour leurs soutiens inconditionnels durant toutes ces années et leurs amours immuables. Je vous dédie ce travail.*

A MES AMIS ET CONNAISSANCES

Notre amitié m'est apparue aussi belle et aussi vivante qu'un printemps tout neuf. Quand j'ai eu besoin d'une main secourable, de paroles de réconfort ou d'une oreille attentive, vous avez été toujours présent(e)s. Je vous dois ce mémoire.

A MA BINOME ET SA FAMILLE

Pour sa patience, et son soutien moral tout au long de ce projet et de nos années d'études ensemble.

Ryma

Dédicace

*A la mémoire de ma tante **Sabah**, j'aurai voulu vraiment que tu assistes à l'aboutissement de ces années de dur labeur, mais dieu en a décidé autrement. Que dieu t'accueille dans son vaste paradis.*

A mes très chers parents, pour la qualité de l'éducation qu'ils m'ont conférée, pour leurs amours, tendresse et prières tout au long de mes études, ceux qui ont sacrifiés pour me voir réussir. Qu'ils voient en ce travail l'aboutissement de leurs efforts.

A mon cher frère, pour tous les moments de bonheur partagés ensemble qu'Allah te réserve un avenir meilleur.

A l'ensemble de ma famille, qu'ils soient assurés de ma plus profonde sympathie.

Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

*A tous mes proches et amis particulièrement : **Souhila, Amel, Yasmine, Chafiaa** et ma binôme **Ryma**, pour les moments de joie partagés en leurs compagnie, leur gentillesse et leurs sentiments qu'ils me témoignent. Qu'elles soient assurées de toute ma reconnaissance et de mon amitié la plus sincère.*

A la personne à qui je dois beaucoup, et qui se reconnaisse ! , je lui exprime ici ma plus profonde gratitude pour les moments intenses partagés ensemble. Son attention, son soutien, sa tendresse et toutes ses vertus ont été pour moi une véritable source de joie et de réconfort tout au long de mon parcours.

Wissem

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

I/ Synthèse bibliographique

I.1/ La cytogénétique végétale	2
I.1.1/ Définition et intérêt.....	2
I.1.2/ Le cycle cellulaire.....	2
I.1.3/ La phase M (mitose).....	2
I.1.4/ La méiose.....	3
I.1.3/ Quelques anomalies de la méiose	3
I.1.3.1/ Chromosomes agglutinés	3
I.1.3.2/ La cytomixie.....	4
I.1.3.3/ Autres anomalies	4
I.2/ Données taxonomiques.....	6
I.2.1/ Description de la famille des Caryophyllacées.....	6
I.2.2/ Description du genre <i>Silene</i> dans le monde	7
I.3/ Description morphologique du genre <i>Silene</i>	7
I. 3.1/ Description morphologique des espèces du genre <i>Silene</i> étudiées.....	7
I. 3.2/ Taxonomie du genre <i>Silene</i>	9
I.3.3/ Biogéographie du genre <i>Silene</i> en Algérie	10
I.4/ Nombre chromosomique du genre <i>silene</i>	11

II/ Matériel et méthodes

II.1/ Echantillonnage	13
II.2/ Réalisation d'un herbier.....	14
II.3/ Etude caryologique	15
II.3.1/ Préparations des solutions	15
II.3.2/ Les différentes étapes de l'analyse de la méiose.....	16
II.3.3/ Les différentes étapes de l'analyse de la mitose	17
II.4/ Analyse de la fertilité pollinique	19
II.4.1/ Technique de coloration des grains de pollen	19
II.4.2/ Evaluation du taux de fertilité pollinique.....	19

III/ Résultats

III.1/ Réalisation d'un herbier	21
III.2/ Dénombrements chromosomiques	25
III.2.1/ Les étapes de la mitose observés chez <i>Silene patula</i> , <i>S. disticha</i>	26
III.2.2/ Les étapes de la méiose observés chez <i>Silene patula</i> et <i>Silene latifolia</i>	27
III.2.3/ Les anomalies de la méiose observées chez <i>Silene patula</i>	28
III.3/ Analyse de la fertilité pollinique	29

IV/Discussion

IV.1/ Dénombrement chromosomique	31
IV.2/ Les anomalies de la méiose.....	32
IV.3/ Analyse de la fertilité pollinique.....	33
Conclusion.....	34
Références bibliographiques	35
Résumé	

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Page
I	Les étapes de la mitose.	2
II	Les étapes de la méiose.	3
III	Nombres chromosomiques et niveaux de diploïdie de quelques espèces du genre <i>Silene</i> dans le monde.	11-12
IV	Origine géographique et dates de récolte des espèces du genre <i>Silene</i> étudiées.	13
V	Dénombrements chromosomiques chez les populations du genre <i>Silene</i> étudiées.	25
VI	Taux de fertilité pollinique (%) chez les espèces du genre <i>Silene</i> étudiées.	30

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
1	Morphologie des espèces du genre <i>Silene</i> étudiées.	9
2	Vues des espèces de <i>Silene</i> échantillonnées.	14
3	Herbier de <i>Silene patula</i> (Récolteur Sahnoune, 2022).	21
4	Herbier de <i>Silene disticha</i> (Récolteur Sahnoune, 2022).	22
5	Herbier de <i>Silene choulettii</i> (Récolteur Mesbah, 2022).	23
6	Herbier de <i>Silene latifolia</i> (Récolteur Sahnoune, 2022).	24
7	Dénombrements chromosomiques des espèces du genre <i>Silene</i> étudiées.	26
8	Étapes de la mitose chez les espèces <i>Silene</i> étudiées.	27
9	Étapes de la méiose chez les espèces <i>Silene</i> étudiées.	28
10	Anomalies méiotiques observées chez <i>Silene patula</i> et <i>Silene latifolia</i> .	29
11	Formes de grains de pollens des espèces étudiées.	30

INTRODUCTION

Introduction

L'Algérie est un pays qualifié avec une biodiversité de type méditerranéen, du Sud et de l'Est, avec un grand nombre d'endémiques locales. Elle est dotée d'un patrimoine floristique très diversifié, qui comprend environ 4000 espèces réparties dans près de 150 familles (Benhouhou, 2007).

Les Caryophyllacées sont l'une des familles les plus diversifiées à l'échelle mondiale. Elle renferme des plantes herbacées, vivaces ou annuelles. Elle est composée de 86 genres répartis en environ 2630 espèces (Dupont et Guignard, 2015). Elle est très abondante dans les régions tempérées de l'hémisphère nord, particulièrement dans les montagnes et les régions méditerranéennes (Judd et al., 2002 ; Rameau et al., 2008). En Afrique du Nord, elle est représentée par 31 genres et environ 382 espèces ou sous-espèces (Dobignard et Châtelain, 2011). Elle est subdivisée en trois sous-familles : Paronychioïdées, Alsinoïdées et Silénoïdées (Quézel et Santa, 1962 ; Maire, 1963). Le genre *Silene* présente la plus forte valeur patrimoniale dans la flore algérienne avec 71 taxa dont 25 endémiques et 15 rares (Quézel, 1957 in Mesbah, 2021). Les espèces de ce genre sont principalement réparties dans l'hémisphère nord, l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord. Ce sont des herbes annuelles, bisannuelles ou vivaces avec le nombre de chromosomes de base $x = (10) 12$. La plupart des espèces de *Silene* sont diploïdes ayant $2n = 2x = 24$, ou $2n = 2x = 20$ (Bari 1973).

En outre, des études cytogénétiques de quelques espèces du genre *Silene* en Algérie ont été réalisées uniquement par Boukhzar et Bouhedda (2018), Nekaa et Ouali (2019), Mersel et Ouacene (2020), Belkheir et Benmoussa (2021) et Mesbah (2021). Afin de compléter ces travaux déjà réalisés, nous nous sommes intéressées à étudier quelques espèces dans différentes localités de Bejaia à savoir *S. patula* (*S. italica*), *S. disticha*, *S. choulettii*, *S. latifolia*, *S. atlantica*, et *S. neglecta* qui sont insuffisamment ou pas du tout étudiées du point de vue caryologique en Algérie. L'objectif principal de ce présent travail est la détermination des nombres chromosomiques et l'évaluation des anomalies méiotiques et la fertilité pollinique dans différentes populations de ces espèces.

Ce document se structure de la façon suivante : un premier chapitre présente les données de la littérature sur les espèces étudiées et les outils cytogénétiques. Un second chapitre décrit le matériel végétal utilisé et les méthodes effectuées. Un troisième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion. Une conclusion et les éventuelles perspectives dégagées à partir de ce travail sont données juste après la discussion.

I/ SYNTHESE BIBLIOGRAPHYQUE

I/ Synthèse bibliographique

I.1/ La cytogénétique végétale

I.1.1/ Définition et intérêt

La cytogénétique réunit la cytologie et la génétique, c'est à partir de 1920 que la cytogénétique s'est développée et son importance n'a cessé de croître depuis. Elle est d'abord une science d'investigation, étant donné qu'elle a activement contribué à la compréhension des mécanismes héréditaires et la nouvelle classification du monde végétale (taxonomie et phylogénie). Comme elle se considère l'une de nombreuses disciplines sur lesquelles s'appuie l'amélioration des plantes, où elle intervient dans la connaissance du nombre chromosomique du matériel végétal utilisé, l'établissement des cartes génétiques, et l'exploitation de la variabilité intra et inter spécifique (Jahier et al., 1992).

I.1.2/ Le cycle cellulaire

Avant qu'une cellule ne se divise, elle doit d'abord répliquer son contenu, plus particulièrement son ADN, ces phénomènes se produisent pendant l'interphase. L'alternance de cette dernière avec la mitose constitue le cycle cellulaire (Jorde et al., 2004), qui se définit étant l'ensemble des étapes qui composent la durée de vie d'une cellule (Vincent, 2007).

I.1.3/ La phase M (mitose)

C'est un processus de division nucléaire aboutissant à la formation de deux cellules filles avec une parfaite parité génétique. Elle se déroule en 4 phases : la prophase, la métaphase, l'anaphase et enfin la télophase (Laberche, 2010). Le tableau I montre les différentes phases qui constituent la mitose cellulaire.

Tableau I : Les différentes étapes de la mitose (Laberche, 2010).

Phases	Définitions
Prophase	Liaison des deux chromatides par des centromères, condensation des chromosomes, déplacement des microtubules dans la cellule, ceux-ci sont constitués de protéines globulaires formant des tubes situés normalement près du plasmalemme.
Métaphase	Rassemblement des centromères sur le plan de l'équateur de la cellule et disparition de l'enveloppe nucléaire.
Anaphase	Séparation des chromatides des chromosomes et leur migration vers les pôles mitotiques.
Télophase	Disparition du fuseau, regroupement des chromosomes pour la création de deux noyaux séparés par une paroi cellulaire. Création de deux nouvelles cellules filles.

I.1.4/ La méiose

Au cours de la méiose, le nombre de chromosomes dans chaque cellule est divisé par deux, et la recombinaison allélique modifie l'information génétique. Cependant, le nombre de chromosomes sera restauré lors de la fécondation, ce qui donnera un ovule fécondé. La méiose comprend deux étapes consécutives. Le tableau II montre les étapes de la méiose cellulaire.

Tableau II : Les étapes de la méiose (Laberche, 2010).

Phases	Définitions
Division réductionnelle	Première division qui permet de répartir les copies de chaque chromosome présent dans la cellule d'origine entre les deux cellules filles. Le nombre de chromosomes est divisé par deux, il passe de $2n$ à n . Cette première division se déroule en quatre phases : prophase I, métaphase I, anaphase I, télophase I.
Division équationnelle	Ses différentes étapes sont très similaires à la mitose classique, mais elle ne fait intervenir que n chromosomes. A la fin de cette division, il y a quatre cellules haploïdes génétiquement recombinaées.

I.1.3/ Quelques anomalies de la méiose

La méiose est un processus biologique génétiquement programmé où toutes les étapes successives qui y sont impliquées sont contrôlées par plusieurs gènes. Les mutations dans l'un de ces gènes contrôlant les évènements pré et post méiotiques, en micro ou mégasporogénèse, peuvent provoquer des anomalies graves dans le processus complet (Pessim et al., 2015). Les anomalies méiotiques conduisent à des variations morphologiques et génétiques qui entraînent non seulement l'évolution mais aussi des barrières reproductives intra-spécifiques ; elles peuvent être causées soit par des agents chimiques, des facteurs physiologiques et environnementaux ou par des facteurs de stress et contrôle génétique (Kaur et Singhal, 2019). Nous exposons dans ce qui suit les principales anomalies de la méiose.

I.1.3.1/ Chromosomes agglutinés

Les chromosomes agglutinés se distinguent par un aménagement dense de chromosomes pendant une des phases de la division cellulaire (Rao et al., 1990). Cela peut être dû à des facteurs environnementaux tels que les rayons x, la température, la composition du sol (Mendes-Bonato et al., 2001), ou par le contrôle génétique (souvent cela affecte la viabilité des grains de pollen et conduit à la formation d'autres anomalies telles que les monades, les dyades

et les triades (Pagliarini, 2000; Mendes-Bonato et al., 2001; Kiihl, 2011). L'anomalie des chromosomes agglutinés a été rapportée la première fois par Beadle (1932) chez le Maïs, et il propose que cette anomalie serait causée par une mutation d'un gène récessif dit Sticky (st), ou par l'interférence de quelques gènes, pouvant être récessifs ou dominants, qui contrôlent et affectent la microsporogénèse conduisant à des changements dans l'armature structurelle des chromosomes (Singh, 1993). Koernicke (1905) considère cette anomalie comme un effet de la fragmentation au niveau de la prophase I. Dowd et al. (1986) déclarent que cette irrégularité est couramment associée à des cassures chromosomiques et fragments acentriques de différentes tailles qui peuvent engendrer la formation d'un micronoyau (Pessim et al., 2015) par absence de migration le long des microtubules.

I.1.3.2/ La cytomixie

Le phénomène de cytomixie se définit par la migration de la matière chromatique entre les cellules adjacentes via des jonctions cytoplasmiques ou des ponts intercellulaires, des canaux cellulaires et la lyse de la paroi cellulaire (Mursalimov et al., 2013 ; Kaur et Singhal, 2019). Selon (Ranjbar et al., 2014), ces connexions constituent une voie importante pour l'échange de matériel génétique et de cytoplasme entre les cellules mères des grains de pollen adjacentes. L'origine de cette anomalie est controversée. Certains auteurs soutiennent que cela est dû à des facteurs physiologiques et environnementaux. Cependant, d'autres évoquent une origine génétique influencée par des facteurs environnementaux (Lone et Lone, 2013). Des conséquences génétiques telles que les anomalies de nombre chromosomique (monosomie, trisomie) qui serait à l'origine de l'aneuploïdie et de la polyploïdie sont causés par cette anomalie (Ranjbar et al., 2014 ; Shabrangi et al., 2013 ; Kaur et Singhal, 2019).

I.1.3.3/ Autres anomalies

- **Chromosomes retardataires**

Ce sont des chromosomes considérés comme retardataires lorsqu'ils sont localisés à une anaphase tardive, loin des chromosomes bien séparés et sans chevauchement. Certains auteurs considèrent qu'un chromosome est retardataire seulement lorsqu'il reste immobilisé dans l'interzone, non inclus dans les noyaux filles. D'autres le définissent comme un retard par sa position en anaphase par rapport aux chromosomes non-lâches, indépendamment de son destin ultime. Les chromosomes retardataires deviennent des micronoyaux dont la majorité inhibe la

cytokinèse (division du cytoplasme) et conduit probablement à la production de cellules avec des compléments chromosomiques dédoublés plutôt que des cellules aneuploïdes (Marie et al., 2007).

- **Micronoyaux**

Tout matériel chromosomique exclu des noyaux lors des divisions méiotiques aux stades dyade et tétrade de la microsporogénèse apparaîtra sous forme de micronoyaux. Ces derniers sont très facilement détectés et comptés, ils constituent une méthode idéale pour quantifier l'irrégularité méiotique, ou du moins certains aspects de ce phénomène. Une proportion de micronoyaux résulte des erreurs de première division tandis que d'autres proviennent des conséquences d'une mauvaise ségrégation en deuxième division (Khazanehdari et Jones., 1997).

- **Les univalents**

Ce sont des chromosomes non appariés en bivalents en métaphase II. Ils peuvent être issus d'une mutation au niveau du gène *Asy1*, qui est responsable de la formation du complexe synaptonémal établissant des connexions entre les chromosomes homologues (Horlow et doutriaux, 2003). Ces chromosomes univalents présentent une migration précoce vers les pôles et ne sont pas inclus dans le noyau, ce qui donne lieu à des micronoyaux. Lorsque les deux univalents d'une paire de chromosomes migrent vers le même pôle, ils donnent naissance à des noyaux aneuploïdes responsables de la stérilité du pollen (Baptista-Giacomelli et al., 2000).

- **Viscosité des chromosomes**

La viscosité des chromosomes résulte des changements dans des protéines non histones spécifiques (topoisomérase II et protéines périphériques), qui sont des composants intégraux du chromosome dont la fonction est nécessaire pour la séparation et la ségrégation des chromatides. Ces changements sont causés soit par une mutation des gènes structuraux des protéines (adhérence héréditaire) ou par une action directe des mutagènes sur les protéines (adhérence induite) (Pessim et al., 2015).

- **Ségrégation chromosomique irrégulière**

La ségrégation chromosomique irrégulière consiste à la migration précoce des chromosomes vers les pôles en métaphase, et des chromosomes retardataires en anaphase. Cette anomalie peut conduire à la formation de micronoyaux qui proviennent des chromosomes univalents pendant la diacynèse en métaphase (Pagliarini, 2000; Mendes-Bonato et al., 2001; Godoy et al., 2012).

- **Ponts chromosomiques**

Les ponts de chromatine, ou ponts chromosomiques, se définissent par une séparation incomplète des chromosomes, présentant un ADN reliant les pôles en anaphase I. Les intermédiaires de réplication ou de recombinaison peuvent conduire à des ponts de chromatine en anaphase. Cette anomalie est due à l'agrégation ou à la viscosité des chromosomes en métaphase conduisant à une ségrégation bivalente tardive (Petsalak et al., 2014).

I.2/ Donnés taxonomiques

I.2.1/ Description de la famille des Caryophyllacées

Elles sont répandues partout dans le monde, mais elles sont surtout caractéristiques des régions tempérées et chaudes de l'hémisphère nord, notamment dans les habitats et les sites rudéraux (Judd et al. 2002). Cette famille est dotée d'un intérêt économique pour ses plantes ornementales : *Dianthus* (l'oeillet), *Gypsophila* (la gypsophile), *Saponaria* (la saponaire) et *Silene* (le silène) (Judd et al., 2002). Il s'agit d'herbes annuelles ou vivaces. Leur port se caractérise par des éléments foliacés opposés décussés, insérés sur des nœuds fortement renflés, d'où le nom de la famille *caryon* = nœud, et *phyllon* = feuille). Au point de vue anatomique, les tiges peuvent présenter des faisceaux de xylème et de phloème disposés en cercles concentriques. Les pigments sont ici de nature anthocyanique. L'inflorescence se présente sous forme d'une cyme bipare caractéristique, simple et parfois réduite à une fleur solitaire, ou composée, parfois contractée et simulant alors plus ou moins un capitule : dans ce cas, les fleurs sont accompagnées de bractées scarieuses formant un petit involucre. La fleur est en général hermaphrodite, régulière, le plus souvent pentacyclique, tétramère ou pentamère, hypogyne. La pollinisation est entomophile, réalisée par des Diptères et des Lépidoptères venant récolter le nectar. La graine ne possède en principe pas d'albumen, mais un périsperme autour duquel s'enroule l'embryon (Botineau, 2010).

I.2.2/ Description du genre *Silene* dans le monde

Silene est le genre le plus important de la famille des Caryophyllacées et de la sous-famille des Silénoïdées. Il est considéré par sa richesse en endémiques comme le genre le plus diversifié en Afrique du Nord (Quézel, 1957, 1978). Il englobe environ 850 espèces à l'échelle mondiale, réparties principalement dans l'hémisphère nord, en Europe, Asie et Afrique du Nord (Oxelman et al., 2013 ; Jafari et al., 2020). Il comprend 144 espèces ou sous-espèces, dont 56 exclusives (endémiques) à une région : le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye ou les Iles Canaries (Dobignard et Chatelain, 2011).

I.3/ Description morphologique du genre *Silene*

Les silènes sont des plantes annuelles, bisannuelles ou vivaces avec des tiges à nœuds souvent renflées. Les feuilles sont souvent opposées, décussées. Le calice pentamère libre ou soudé renflé avec 10, 20 ou 30 nervures. Le genre *Silene* est caractérisé par un carpophore de taille très variable d'une espèce à une autre. Les inflorescences sont diversifiées en cymes unipares, bipares ou grappes de cymes avec ou sans fleurs en dichase (Type d'inflorescence dans laquelle la fleur est portée par deux rameaux). Les fleurs sont solitaires, généralement hermaphrodites ou unisexuées (exemple de *Silene latifolia* Poir.). Les étamines sont au nombre de dix. L'ovaire est de trois ou cinq styles. Les graines latéralement réniformes à sub-orbiculaires ou angulaires (en cas d'entassement dense) comportant deux faces (planes, concaves ou excavées) et un dos qui porte un flanc appelé aussi canalicule. La forme de la graine est décrite selon la forme des flancs et du dos. Les détails structurels varient considérablement et sont indispensables dans la classification à condition que des graines entièrement mûres soient disponibles pour l'étude. La forme de la graine est dite ailée lorsque le dos présente une ondulation sur les deux faces de la graine (Battandier et Trabut, 1902 ; Daumas et Santa, 1953 ; Quézel et Santa, 1962 ; Maire, 1963 ; Greuter, 1995 ; Fennane et al., 1999).

I. 3.1/ Description morphologique des espèces du genre *Silene* étudiées

➤ *Silene patula* Desf.

C'est une plante vivace, velue, à souche rameuse, émettant plusieurs tiges. Les tiges pleines, peu feuillées, un peu visqueuses au sommet. Les feuilles inférieures oblongues, les supérieures sublunaires. Fleurs blanches, dressées, en panicule lâche, étroite, peu fournie, à rameaux courts et à 3 fleurs. Bractées plus courtes que les pédicelles. Calice allongé en massue, ombiliqué,

resserré au sommet et sous la capsule, à nervures ramifiées, pubescent, à dents ovales-obtuses. Pétales bipartites, à onglet saillant, auriculé, cilié vers le milieu. Capsule ovoïde-oblongue, égalant le carpophore pubescent (Julve, 2021).

➤ ***Silene disticha* Willd.**

Fleurs non imbriquées sur deux rangs. Cymes plus longues. Capsule ovoïde-conique égalant le podocarpe ou à peine plus longue. Pétales à limbe de 5-6 mm, rose intérieurement et jaunâtre extérieurement. Graines à faces striées radialement. Forêts claires. Capsules globuleuses ; grappes très compactes ; filets des étamines glabres (Battandier et Trabut, 1888).

➤ ***Silene choulettii* Coss.**

Corolle rose purpurine, parfois blanche de 10 à 12mm, à limbe de 7 à 8mm. Calice de 12 à 15mm, oblong-cylindrique à l'anthèse. Tiges florifères terminales. Capsules de 8 à 9mm. Graines à canalicule dorsal strié transversalement. Fleurs nocturnes. Plantes très abondantes sur les silices entre 500 à 2000m d'altitude (Quézel et Santa, 1962).

➤ ***Silene latifolia* Poir.**

L'espèce *S. latifolia*, anciennement appelée *Melandrium album*, est une plante vivace dioïque à vie courte, originaire d'Europe. Elle est distribuée le long des bords de routes et des habitats agricoles, sur des sols calcaires et sablonneux (Baker, 1947). Elle est présente dans toute l'Europe et la région méditerranéenne (Baker, 1947). La plante émerge au printemps, fleurit de mai à octobre et passe l'hiver sous forme de rosette. *Silene latifolia* est pollinisée par des animaux, principalement par des papillons nocturnes (Shykoff & Bucheli, 1995 ; Young, 2002).

➤ ***Silene atlantica* Coss.**

Plantes herbacées vivaces à souche émettant des rosettes terminales sous lesquelles naissent 2-3 tiges florales auxiliaires portant chacune 2-3 fleurs en grappes ; fleurs grandes, blanches, nocturnes à pétales profondément bipartis ; écailles de la coronule bipartites ; capsule cylindrique égalant le thécaphore ; plante à pubescence courte et fine ; feuilles inférieures pétiolées lancéolées-obovées, aigues (Battandier et Trabut, 1888).

➤ *Silene neglecta* Ten.

Plante un peu hispide, herbacée, annuelle (rarement bisannuelle), à grappes lâches dans le bas ; fleurs roses, les inférieures longuement pédonculées ; calice fructifère oblong, à dents entièrement herbacées ; filets hispides dans le bas ; thécaphore presque nul (Battandier et Trabut, 1888).

La figure 1 suivante illustre chacune des morphologies des espèces étudiées dont *S. patula*, *S. disticha*, *S. chouletti*, *S. latifolia*.

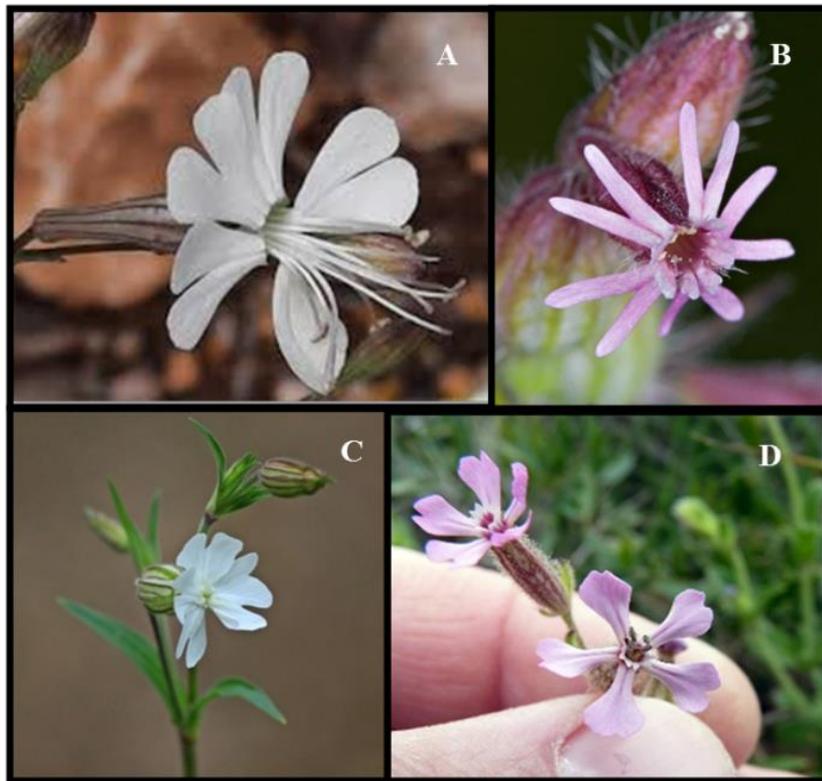


Figure 1 : Morphologie des espèces du genre *Silene* étudiées. **A** : *S. patula* (www.identify.plantnet.org); **B**: *S. disticha* (www.nzpcn.org.nz) ; **C** : *S. latifolia* (www.Sauvagesdupoitou.com) ; **D** : *S. neglecta* (<https://api.tela-botanica.org/fr>).

I. 3.2/ Taxonomie du genre *Silene*

Le genre *Silene* a connu quatre révisions taxonomiques qui ont englobé la majorité des espèces du monde. L'utilisation des critères morphologiques pour la répartition du genre en sections était très variable entre les auteurs.

- **Otth (1824)** a classé 217 espèces du genre *Silene* en huit sections selon des caractéristiques telles que le type d'inflorescence, les pédoncules et la forme des calices (Otth, 1824 ; Vaucher, 1841 ; Talavera, 1979).
- **Boissier (1867)** a permis de définir certains taxons infra-génériques du genre *Silene* et de répartir les espèces en 11 sections annuelles et 20 sections pérennes (Hoseini et al., 2017).
- **Rohrbach (1868)**, a introduit 2 sous-genres, *Behen* et *Silene*, en utilisant une grande variété de caractères morphologiques tels que le nombre et le schéma de ramification des nerfs du calice en plus des caractéristiques des graines (Hoseini et al., 2017).
- **Williams (1896)** a révisé le genre *Silene* et a introduit trois sous genres : *Gastrosilene*, *Conosilene* et *Eusilene* (Hoseini et al., 2017).
- **Chowdhuri (1957)** a classé 443 espèces du genre *Silene* en 44 sections (Hoseini et al., 2017).
- **Maire (1963)** l'un des plus importants des auteurs du Nord-Africain a subdivisé le genre *Silene* en 3 sous-genres et plusieurs sections en se basant sur des caractères morphologiques qui sont déterminants dans la systématique du genre.
- **Rahou et Amssa (2003)** ont tenté de classer des espèces d'Afrique du Nord pour lesquelles ils ont subdivisé le genre en 18 sections.
- **Jafari et al., 2020 (in Mesbah, 2021)** ont produit une classification admettant trois sous-genres, à savoir *S. subg. Behenantha*, *S. subg. Lychnis* et *S. subg. Silene*. Le sous-genre *Lychnis* forme quatre sections dont la section *Lychnis* est faiblement soutenue. *Silene subg. Behenantha* forme un groupe frère possible en relation avec *S. subg. Silene*, n'est pas résolu à la base et comprend un grand nombre de clades, pour la plupart petits, reconnus comme 18 sections. Dans *S. subg. Silene*, 11 sections sont reconnues, parmi lesquelles quatre sont largement circonscrites : *S. sect. Auriculatae*, *S. sect. Sclerocalycinae*, *S. sect. Silene* et *S. sect. Siphonomorpha*.

I.3.3/ Biogéographie du genre *Silene* en Algérie

Le genre *Silene* est d'une grande valeur patrimoniale en Algérie. Avec ses 25 espèces endémiques sensu lato (Algéro-marocaines et algéro-tunisiennes), c'est le genre qui admet de loin le plus d'endémiques en Algérie (Quézel, 1957, Dobignard et Chatelain, 2010-2013). Sur les 71 taxons du genre *Silene* recensés en Algérie, douze sont strictement endémiques dont cinq

endémiques au nord-ouest du pays, sept endémiques au nord-est (Kabylie, Constantinois ou Numidie) et appartiennent au hotspot régional Kabylie-Numidie-Kroumirie (Véla et Benhouhou, 2007) au nord-est du pays et 18 sont sub-endémiques, quatre sont partagés avec la Tunisie et/ou la mer Tyrrhénienne, partagés avec le Maroc et trois sont à endémisme Maghrébin (Mesbah, 2021).

I.4/ Nombre chromosomique du genre *silene*

Le genre *Silene* a fait l'objet de nombreuses études cytogénétiques et caryologiques dans le but de compter les nombres chromosomiques de ses espèces. Il est à large répartition sur l'hémisphère nord du globe (Mesbah, 2021). Selon Bari et al. (1973), le nombre chromosomique haploïde de base est de $x = 10$ ou $x = 12$. La majorité des espèces du genre *Silene* sont diploïdes avec $2n = 2x = 24$ ou $2n = 2x = 20$. Cependant, il existe des espèces triploïdes à $2n = 3x = 30$, tétraploïdes à $2n = 4x = 48$, hexaploïdes à $2n = 6x = 72$ et même des niveaux de ploïdie plus élevés à savoir $8x$, $10x$ et $16x$ ($x=12$). Le tableau ci-dessous montre les nombres chromosomiques ainsi que les différents niveaux de ploïdies chez quelques espèces du genre *Silene* dans le monde.

Tableau III : Nombres chromosomiques et niveaux de ploïdie de quelques espèces du genre *Silene* dans le monde.

Espèces	Sections	Ploïdie	Nombre chromosomique	Origine géographique	Références
<i>S. nutans</i>	<i>Siphonomorpha</i>	2x	$2n = 24$	Espagne, Îles Britanniques	Talavera et Bocquet, 1976, Blackburn, 1957.
<i>S. ramosissima</i> (Desfontaines)	<i>Silene</i>	2x	$2n = 24$	Province de Cadix Espagne Maroc	Gadella et al., 1966; Chepinoga et al., 2009; Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. muradica</i> Schischk	<i>Spergulfoliae</i> Boiss	2x	$2n = 24$	Turquie	Coode et Cullen, 1966.
<i>S. cappadocica</i>	<i>Spergulfoliae</i> Boiss	4x	$2n = 48$	Turquie	Martin et al., 2008.
<i>S. schimperiana</i>	<i>Sclerocalycinae</i>	2x	$2n = 24$	Egypte	Hosny et al., 1993.
<i>S. gallica</i> (Linée)	<i>Silene</i>	2x	$2n = 24$	Bretagne, Afrique du sud	Bari., 1973 ; Rahou., 2003.
<i>S. propinqua</i>	<i>Lasiostermones</i>	4x	$2n = 48$	Iran	Sheidai et al., 2008.

<i>S. secundiflora</i>	<i>Dipterosperma</i>	2x	2n = 24	Province de Valence, Espagne Maroc	Gadella et al., 1966 ; Chepinoga et al., 2009 ; Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. vulgaris</i>	<i>Inflatae</i>	2x 4x	2n = 24 2n = 48	Himalaya Inde	Kumar et al., 2013.
<i>S. fuscata</i>	<i>Silene</i>	2x	2n = 24	Espagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976 ; Blackburn et Morton, 1957.
<i>S. patula</i>	<i>Siphonomorpha</i>	2x	2n = 24	Portugal	Blackburn et Morton., 1957.
<i>S. laciniata</i>		8x	2n = 96	Amérique du Nord	Kruckeberg., 1955.
<i>S. atlantica</i>	<i>Cineinnosilene Rohrb.</i>			Nord-Africaine	Quézel, 2002.
<i>S. choulettii</i>	<i>Cincinnosilene Rohrb.</i>				Quézel et Santa, 1962.
<i>S. latifolia subsp. alba</i>		2x	2n = 24	Slovakia	Bernátová, 2007.
<i>S. hookeri</i>		6x	2n = 72	Amérique du Nord	Kruckeberg, 1955.
<i>S. rubella</i>	<i>Atocion</i>	2x	2n=24	Espagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976, Blackburn., 1957
<i>S. disticha</i>	<i>Siphonomorpha</i>	2x	2n=24	Portugal	Fernandes et Leitao, 1971

II/ MATERIEL ET METHODES

II/ Matériel et méthodes

II.1/ Echantillonnage

Le matériel végétal a été récolté dans différentes localités de Bejaïa. Le tableau IV montre l'origine géographique ainsi que les dates de récolte des boutons floraux en période de floraison et/ou des graines matures en fin de cette période.

Tableau IV : Origine géographique et dates de récolte des espèces du genre *Silene* étudiées.

Espèces	Nombre de populations	Zone de prélèvement	Localisation	Altitude (m)	Date de récolte des graines	Date de récolte des boutons floraux
<i>S. patula</i>	4	Tazrout haut de la route	36,3144N° 4,3239E°	987 m	09/07/21	29/04/21 07/05/21 23/04/22
		Tazrout bas de la route	36,3139N° 4,3244E°	969 m	09/07/21	
		Sentier Tizi-Ivaoualen	36°32'41.04"N 4°31'37.19"E	1333 m		12/05/22
<i>S. disticha</i>	2	Pic des singes ligne des crêtes	36°46'16.08"N 5° 5'0.50"E	573 m	16/09/17	
		Tizi-Meghlaz	36°32'36.53"N 4°32'7.27"E	1246 m		17/05/22
<i>S. choulettii</i>	2	Ivaoualen	36,3211N° 4,3128E°	1381 m		14/05/22 22/05/22
		Takkoucht	36°31'21.89"N 5°12'25.98"E	1525 m	04/07/17	30/05/22
<i>S. latifolia</i>	1	Tizi-Meghlaz	36,3241N° 4, 3231E°	1153 m		07/05/22 14/05/22
<i>S. atlantia</i>	1	Takkoucht	36°31'21.89"N 5°12'25.98"E	1525 m		30/05/22
<i>S. neglecta</i>	2	Source Sebaa Laayoun	36,80582° N 4 ,4464° E	749 m		24/04/22
		Village Djabia (Boukhelifa)	36,72323° N 4,94057° E	188 m		26/04/22

La figure ci-dessous illustre le matériel végétal récolté au cours de l'échantillonnage.

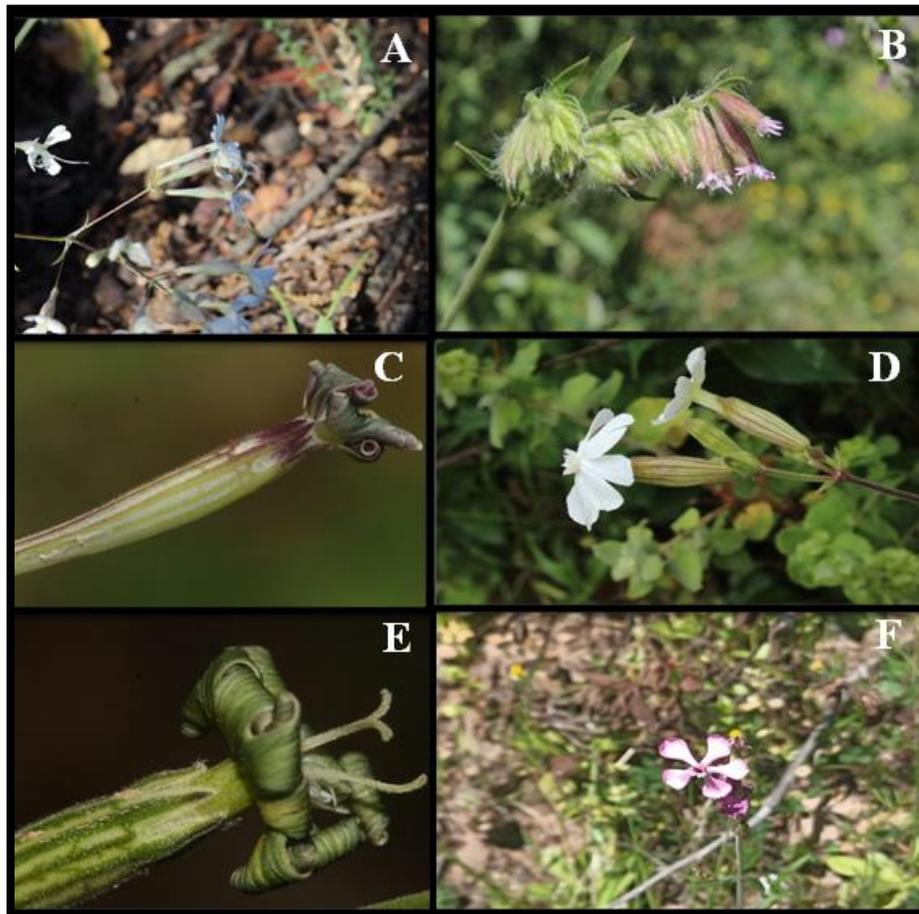


Figure 2: Vues des espèces de *Silene* échantillonnées. **A:** *S. patula*; **B:** *S. disticha*; **C:** *S. chouletti*; **D:** *S. latifolia*; **E:** *S. atlantica*; **F:** *S. neglecta*.

II.2/ Réalisation d'un herbier

Par définition, l'herbier est une collection de plantes sèches maintenues à plat dans le but de faciliter leur identification. Après avoir récolté les échantillons, les étiqueter et les scanner à frais, déposer les plantes dans des journaux, changer ces derniers tous les 2 à 3 jours, transférer soigneusement chaque plante sèche sur des feuilles blanches en la maintenant par du scotch à différents endroits et lui coller une étiquette contenant le nom scientifique de la plante, date et lieu de récolte ainsi que le nom du récolteur, scanner les herbiers obtenus à nouveau et les déposer dans le laboratoire de recherche Ecologie et Environnement.

II.3/ Etude caryologique

II.3.1/ Préparations des solutions

✓ 8-Hydroxyquinoléine

C'est un dérivé de la quinoléine provenant des plantes ainsi que de la synthèse, elle est utilisée comme fongicide en agriculture et comme agent de conservation dans les industries du textile, du bois et du papier (Short et al., 2006). Comme elle est largement utilisée à des fins d'analyse et de séparation et possède une puissante capacité de coordination et de bonnes propriétés de reconnaissance des métaux (Albrecht et al., 2008).

Préparation : Dans un bécher, dissoudre 0,03 g de la poudre de la 8-hydroxyquinoléine dans 100 ml d'eau distillée pour une solution de 0,002 M.

✓ Le Fixateur

La fixation a pour but la conservation des structures et le durcissement des échantillons. La fixation doit se faire immédiatement après le prélèvement, par immersion du matériel dans un grand volume de liquide fixateur. Le but de cette étape est de détruire toute vie cellulaire, bloquer les divisions cellulaires en conservant l'intégrité structurale des chromosomes et protéger les chromosomes de l'action de l'agent mitoclasique du prétraitement.

Le fixateur utilisé pour les racines est le carnoy I qui est préparé en mettant trois volumes d'éthanol avec un volume d'acide acétique glacial (3:1). Le fixateur utilisé pour la conservation des boutons floraux est le carnoy II qui est composé de six Volumes d'éthanol avec trois Volumes de chloroforme et un Volume d'acide acétique (6:3:1).

✓ L'acide chlorhydrique 1 N

Pour un volume de 500 ml d'HCL 1N, utiliser 44,5 ml de HCL fumant. Dans un premier temps, verser une bonne partie des 500 ml de l'eau distillée dans une éprouvette puis ajouter de l'acide chlorhydrique fumant et enfin affiner l'ajustement à 500 ml par de l'eau distillée..

✓ Le colorant à l'orcéine lacto-propionique

L'orcéine est une substance utilisée pour colorer et voir les différentes phases des chromosomes au cours de la division cellulaire.

Préparation : Dans un grand erlenmeyer, dissoudre 2 g de poudre d'orcéine dans un mélange de 23 ml d'acide propionique et 23 ml d'acide lactique. Ajouter de l'eau distillée jusqu'à 100 ml tout en agitant bien la solution puis passer à la filtration en utilisant du papier filtre. La solution d'orcéine ainsi obtenue se conserve longtemps dans un flacon en verre fumé.

✓ **Bleu de coton**

Le bleu coton est un colorant acide, utilisé pour l'observation microscopique généralement et notamment pour mettre en évidence l'ornementation sporale. C'est un des bleus de méthyle. Il présente 3 avantages : un indice de réfraction supérieur (les contours sont mieux définis), une viscosité plus importante qui limite fortement l'évaporation du milieu de montage et la présence du phénol qui permet de tuer les micro-organismes éventuellement présents et provoque la désactivation de l'activité lytique des enzymes cellulaires ce qui permet une conservation beaucoup plus longue de la préparation (www.afl-lichenologie.fr).

Préparation : Bien mélanger huit volumes de glycérine, puis quatre volumes d'acide lactique à 85%, avec quatre volumes d'un mélange de cristaux de phénol (1 g de phénol + 4 ml d'eau distillée), Puis deux volumes d'eau distillée, et un volume de bleu d'aniline à 1%.

II.3.2/ Les différentes étapes de l'analyse de la méiose

✓ **Récupération des anthères**

Sous une loupe binoculaire, à l'aide d'une pince et une aiguille, prendre une fleur, la déposer sur une lame. Ajouter une goutte d'eau pour faciliter l'isolement des dix anthères afin de les répartir sur deux lames différentes contenant cinq anthères chacune.

✓ **L'hydrolyse à l'acide chlorhydrique normal**

L'hydrolyse permet de rompre les liaisons N glucidiques entre les bases puriques et les désoxyriboses et libère les groupements aldéhydes sur lesquels se fixe le colorant. Elle permet également le ramollissement des tissus pour la séparation des cellules et des chromosomes plus facilement (Jahier, 1992). Elle consiste à transférer les anthères récupérées des boutons floraux dans du HCL 1N pendant 4-5 min dans un bain-marie à une température de 60° C dans le but de ramollir les cellules et éclaircir le cytoplasme.

✓ **Coloration**

La coloration d'un tissu biologique est souvent nécessaire pour la mise en évidence et l'identification de cellules ou de la structure tissulaire. Elle consiste à ajouter une goutte du colorant (orcéine lacto-propionique) sur les deux lames contenant les anthères dans le bain-

marie pendant 3-4 min à 60°C, puis couvrir les lames préparées par des lamelles et enfin exercer une légère pression avec le pouce dans le but d'étaler les anthères et libérer les cellules mères polliniques.

✓ **Observation microscopique**

Permet d'observer l'organisation d'un tissu laissant passer la lumière (translucide). Après la coloration, déposer la préparation sous le microscope photonique afin de pouvoir observer les cellules en méiose et de dénombrer les chromosomes au stade métaphasique ou ces derniers sont plus au moins condensés, ce qui facilite leur individualisation. Les cellules mères polliniques sont repérées facilement à l'aide d'un objectif de grossissement ($G = 10$ ou $G = 40$). Les meilleures préparations sont conservées pendant quelques jours en les lutant avec un vernis à ongles transparent. L'observation des chromosomes est faite sous un grossissement supérieur ($G = 100$) en ajoutant une petite goutte d'huile à immersion.

✓ **Photographie**

Les bonnes préparations sont photographiées à l'aide d'un microscope trinoculaire OPTIKA-B350 équipé d'un appareil à photos numérique adapté (Grossissement = 100).

II.3.3/ Les différentes étapes de l'analyse de la mitose

✓ **Mise à germination des graines et stockage**

Les graines de chaque espèce sont étalées sur du papier absorbant coupé aux mêmes dimensions que la boîte de pétri. Les graines sont humidifiées avec l'eau du robinet et mises à germer à l'obscurité dans des conditions d'humidité et de température ambiantes. L'identification de chaque boîte de pétri est nécessaire en mentionnant sur une étiquette le nom de l'espèce, le nom de la station ainsi que la date de mise à germination (coller l'étiquette sur la boîte contenant les graines non le couvercle pour éviter toutes confusions).

✓ **Prétraitement à la 8-hydroxyquinoléine**

A partir des graines germées, prélever avec des pinces propres les pointes des racines d'environ 1cm pour ensuite les tremper dans une solution de 8-hydroxyquinoléine 0.002 M pendant 3h. Le prétraitement permet de contracter les chromosomes et bloquer les divisions en métaphase, ce qui facilitera leur individualisation et augmentera le nombre de plaques métaphasiques.

✓ Fixation

Une fois que le prétraitement est achevé, on récupère la solution de la 8-hydroxyquinoléine à l'aide d'une seringue, et on plonge les pointes racinaires dans le fixateur carnoy I pendant au moins 24h pour une meilleure conservation de la structure de l'échantillon.

✓ Hydrolyse à l'acide chlorhydrique 1 N

Cette étape a pour but de ramollir les parois cellulaires ainsi que de simplifier l'étalement et l'éclaircissement des cellules. Les pointes racinaires sont hydrolysées dans une solution d'HCL 1N dans un bain-marie à une température de 60°C pendant 8-10 min.

✓ Coloration

Le but de cette étape est de mettre en évidence les zones méristématiques et améliorer la visibilité des chromosomes lors de leur observation. Les racines hydrolysées sont plongées dans une boîte de pétri en verre contenant l'orcéine lacto-propionique, puis placées dans un bain-marie pendant 10 min à une température de 60°C.

✓ Préparation des lames

Sous une loupe binoculaire, en utilisant une pince propre, prendre une racine et la déposer sur une lame de microscope optique. A l'aide d'une aiguille, couper l'extrémité de chaque racine colorée en noir. Ajouter une goutte du colorant (orcéine lacto-propionique) et la recouvrir d'une lamelle en l'écrasant par une allumette, tout en prenant soin de ne pas faire bouger latéralement la lamelle.

✓ Observation microscopique

Déposer chacune des préparations sous microscope optique pour observer des cellules en mitose. Les cellules en mitose sont d'abord recherchées au grossissement 10, puis on passe au 40, puis au 100 (en y ajoutant une petite goutte d'huile à immersion) pour les comptages et les prises de photos.

✓ Photographie

Les préparations réussies sont photographiées à l'aide d'un microscope OPTIKA B-305 sur lequel est montée une caméra numérique (Grossissement x100). Les lames sont conservées pendant quelques jours en les lutant avec du vernis à ongles transparent.

II.4/ Analyse de la fertilité pollinique

La technique utilisée pour étudier la fertilité pollinique a été inspirée du protocole de Mertens et Hamnersmith (1998).

II.4.1/ Technique de coloration des grains de pollen

- Poser une goutte d'eau sur une lame de microscope et isoler les anthères de la fleur juste avant anthèse à l'aide de deux aiguilles.
- Bien écraser les anthères afin de récupérer un maximum de grains de pollen.
- Eliminer les débris des anthères vides.
- Laisser sécher la gouttelette d'eau contenant les grains de pollen à l'air libre pendant quelques secondes (un léger chauffage peut être utilisé pour accélérer le séchage de la goutte d'eau).
- Ajouter une petite goutte de bleu de coton sur la préparation et la couvrir d'une lamelle.
- Laisser agir le colorant pendant au moins 10min.
- Passer à l'observation au microscope photonique.

II.4.2/ Evaluation du taux de fertilité pollinique

Après passage à l'observation sous microscope photonique, compter au moins 500 grains de pollen par fleur. Les grains de pollen colorés uniformément d'un bleu foncé sont considérés viables et fertiles, alors que ceux de formes et de tailles anormales et non uniformément colorés sont considérés non viables et stériles.

Le taux de fertilité pollinique est le rapport de la somme des grains de pollen fertiles sur la somme des grains de pollen fertiles et des grains de pollen stériles.

La formule :

$$\mathbf{TF} = F / (F+S) \times 100.$$

TF : Taux de fertilité pollinique (en %).

F : Nombre de grains de pollen fertiles (normaux).

S : Nombre de grain de pollen stériles (anormaux).

III/ RESULTATS

III/ Résultats

III.1/ Réalisation d'un herbier

Les figures 3 à 6 suivantes montrent des herbiers complets (racines, tiges et feuilles) chez *S. patula*, *S. disticha*, *S. chouletti* et *S. latifolia*.

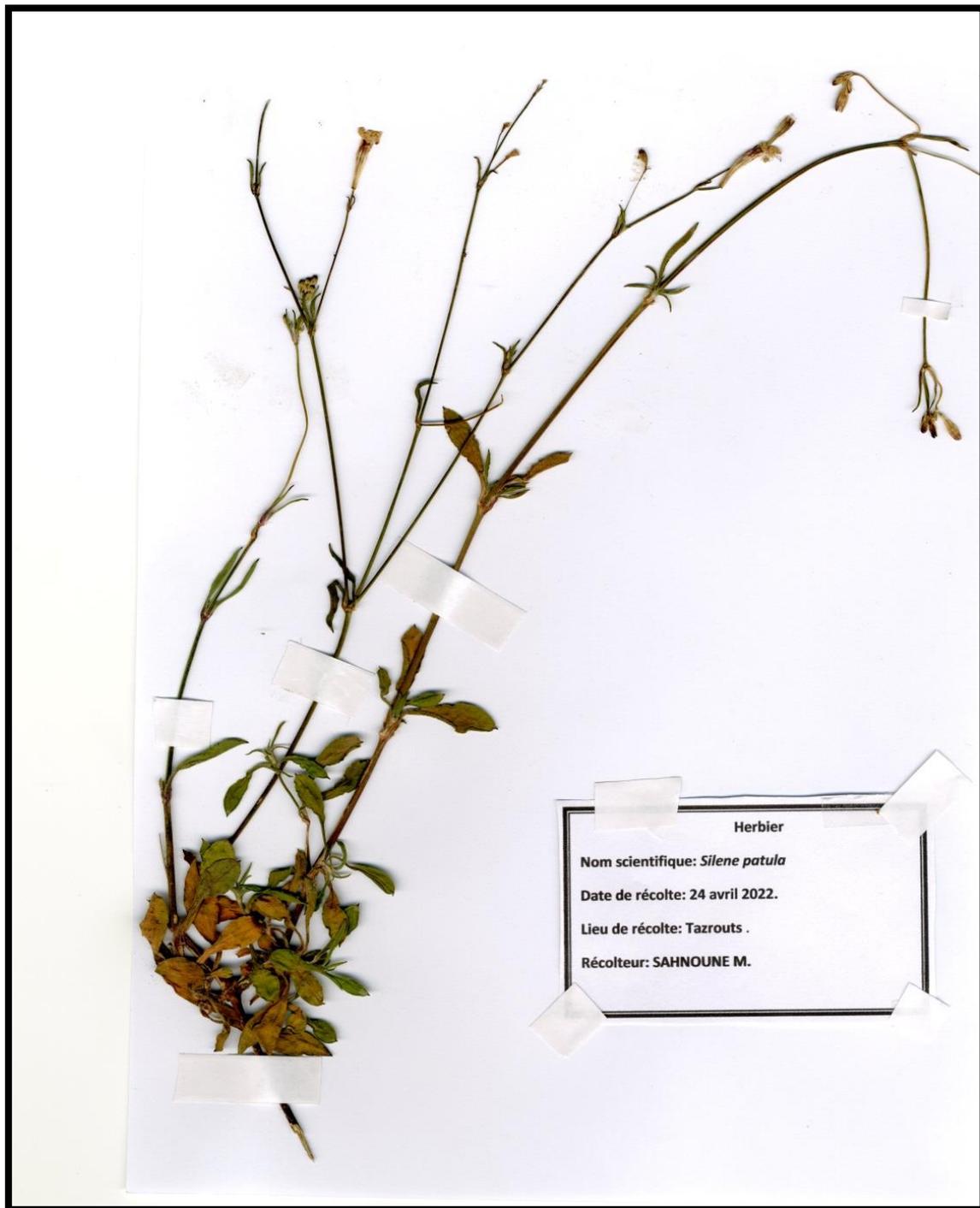


Figure 3 : Herbier de *Silene patula* (Récolteur Sahnoune, 2022).

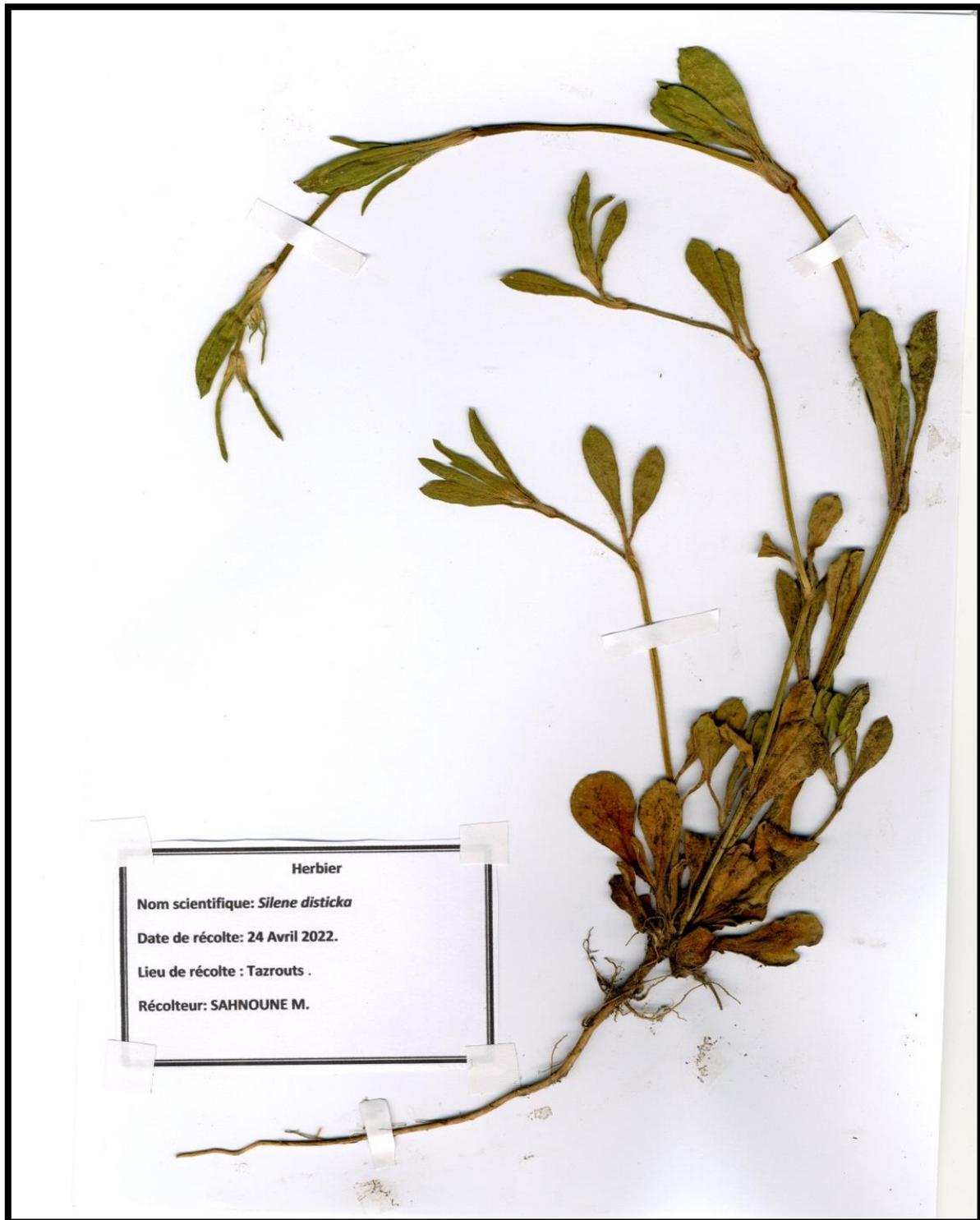


Figure 4 : Herbarier de *Silene disticha* (Récolteur Sahnoune, 2022).



Figure 5 : Herbier de *Silene chouletii* (Récolteur Mesbah, 2022).



Figure 6 : Herbarium de *Silene latifolia* (Récolteur Sahnoune, 2022).

III.2/ Dénombrements chromosomiques

L'observation des chromosomes en division méiotique et mitotique a été effectuée au niveau des cellules mères polliniques des anthères des boutons floraux ainsi que des cellules méristématiques des racines respectivement. Le tableau V rend compte des nombres chromosomiques trouvés chez les populations des espèces du genre *Silene* étudiées.

Tableau V : Dénombrements chromosomiques chez les populations des espèces étudiées.

Espèces	Populations	Ploïdie	X	n	2n
<i>S. patula</i>	Tazrout haut de la route.	2x	x = 12	n = 12	2n = 24
	Tazrout bas de la route.				
<i>S. disticha</i>	Pic des singes ; ligne de crête	2x	x = 12	n = 12	2n = 24
<i>S. choulettii</i>	Takkoucht	2x	x = 12	n = 12	2n = 24
<i>S. latifolia</i>	Tizi-meghlaz	2x	x = 12	n = 12	2n = 24

Le nombre chromosomique compté chez les espèces étudiées de *Silene* à savoir *S. patula* (population de Tazrout haut et bas de la route), *S. disticha* (population de Pic de singe ligne de crête) et *S. choulettii* (population de Takkoucht) en métaphase durant la mitose est illustré dans la figure 7 d'où nous déduisons une diploïdie à $2n = 2x = 24$, ainsi que le nombre chromosomique compté en méiose ,en métaphase II chez *S. patula* (population de Tazrout haut de la route) et *S. latifolia* (population de Tizi Maghlaz) est de $n = 12$.

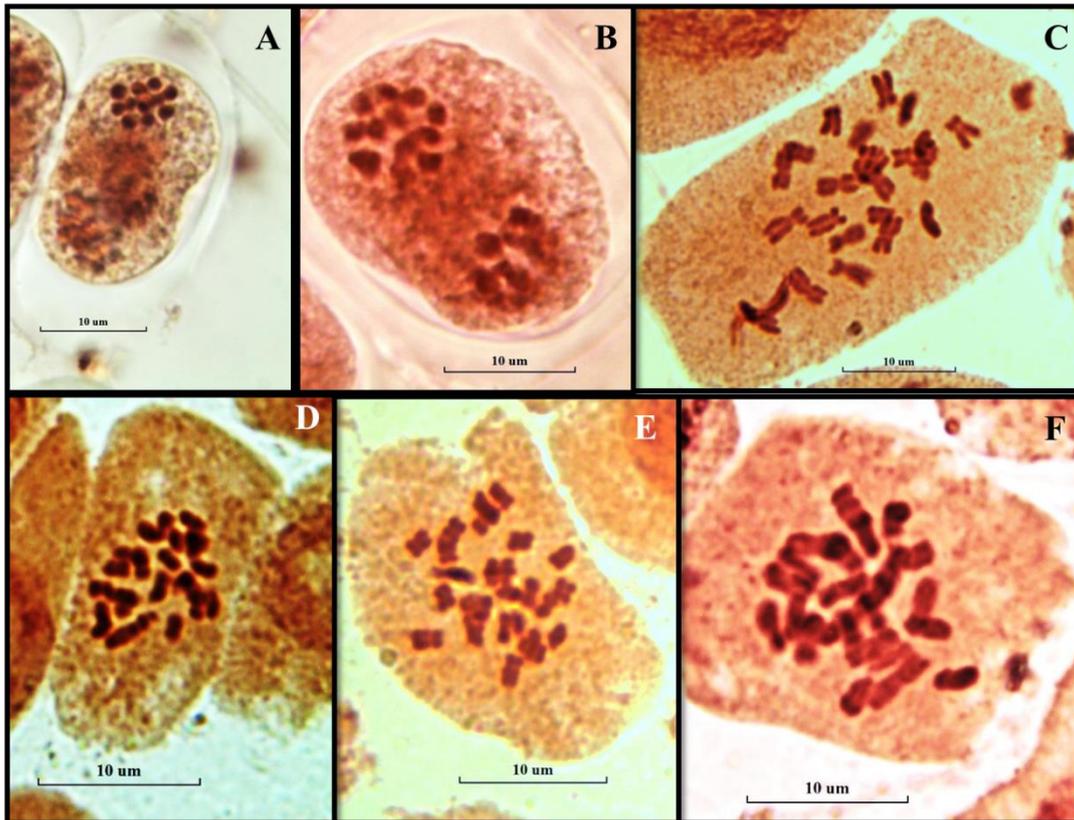


Figure 7 : Dénombrements chromosomiques chez les espèces du genre *Silene* étudiées (Grossissement x 100). Barre d'échelle de 10 μm . **A :** Cellule mère pollinique en méiose en métaphase II avec $n=12$ de *S. patula* (population Tazrout haut de la route) ; **B :** Cellule mère pollinique en méiose en métaphase II avec $n=12$ de *S. latifolia* (population de Tizi Maghlaz) ; **C :** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase avec $2n = 24$ de *S. patula* (population Tazrout haut de la route) ; **D :** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase avec $2n = 24$ de *S. chouletii* (population de Takoucht) ; **E :** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase avec $2n = 24$ de *S. disticha* (population du Pic des singes, piste de la Crête) ; **F :** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase avec $2n = 24$ de *S. patula* (population de Tazrout bas de la route).

III.2.1/ Les étapes de la mitose observés chez *Silene patula*, *S. disticha*

et *S. chouletii*

La figure 8 montre les différents stades de la division mitotique ou on distingue une prophase, une métaphase ainsi qu'une anaphase, observée sur des cellules méristématiques racinaires chez *S. patula*, *S. disticha*, *S. chouletii*.

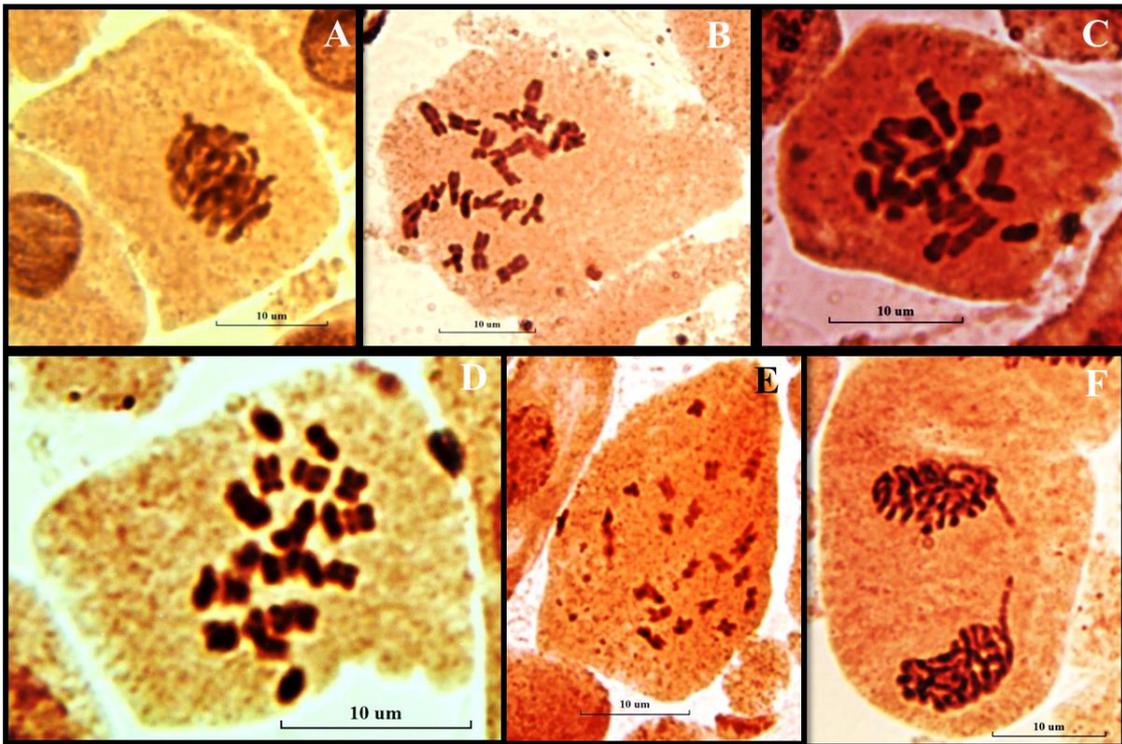


Figure 8 : Etapes de la mitose chez les espèces de *Silene* étudiées (Barre d'échelle de 10 µm). **A :** Cellule méristématique racinaire en prophase chez *S. patula* (population Tazrout haut de la route); **B:** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase chez *S. patula* (population Tazrout haut de la route); **C :** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase chez *S. patula* (population de Tazrout bas de la route); **D :** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase chez *S. disticha* (population du Pic des singes, piste de la Crête); **E :** Cellule méristématique racinaire en mitose en métaphase chez *S. chouletti* (population de Takkoucht); **F:** Cellule méristématique racinaire en Anaphase chez *S. patula* (population Tazrout haut de la route).

III.2.2/ Les étapes de la méiose observés chez *Silene patula* et *Silene latifolia*

La figure 9 ci-dessous présente des différentes phases de la méiose : métaphase I, début d'anaphase I, anaphase I, télophase I, pro-métaphase, métaphase II, anaphase II, télophase II, Tétrade chez *S. patula* et *S. latifolia*.

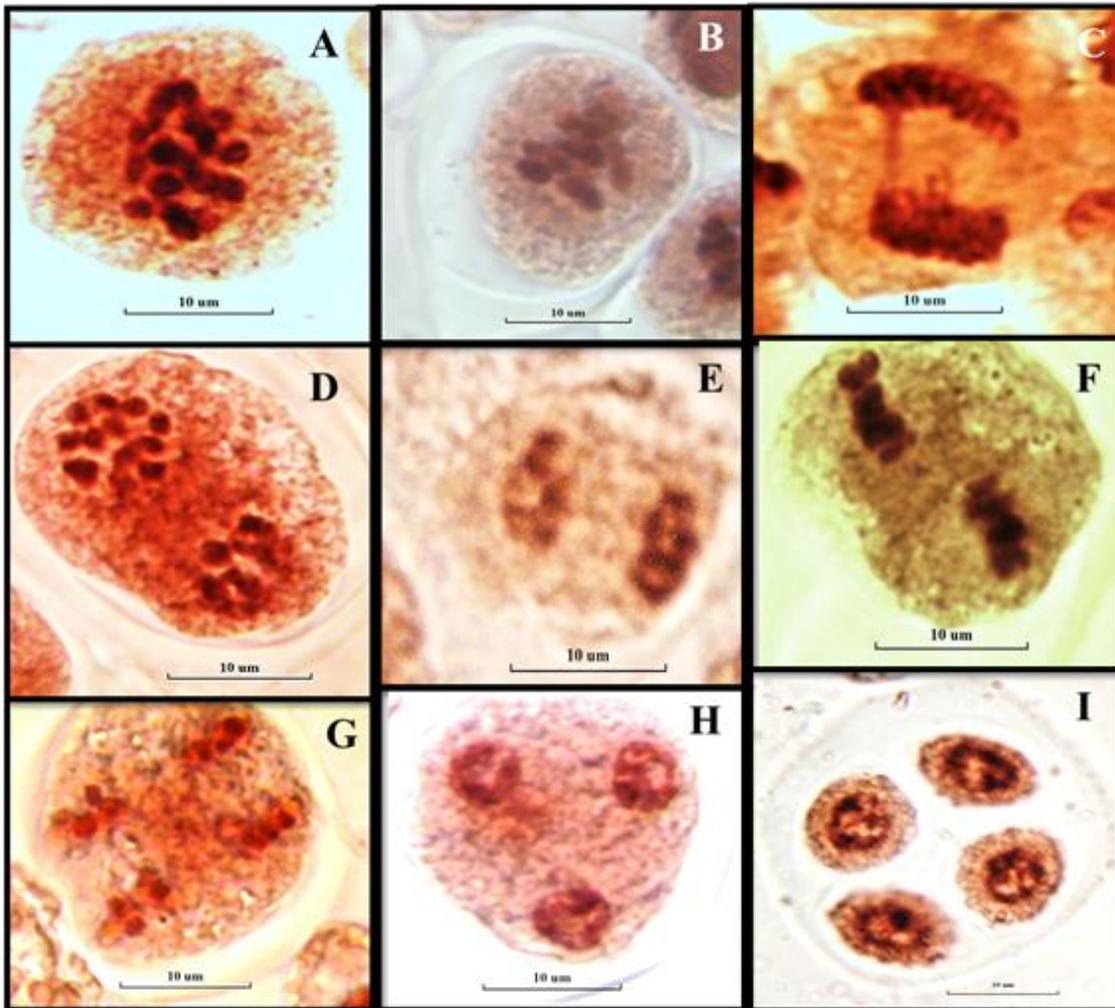


Figure 9 : Etapes de la méiose chez les espèces de *Silene* étudiées (Barre d'échelle de 10 µm). **A :** Cellule mère pollinique en métaphase I chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meghlaz) ; **B :** Cellule mère pollinique en début d'anaphase chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meghlaz) ; **C :** Cellule mère pollinique en anaphase I chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meghlaz) ; **D :** Cellule mère pollinique en télophase I chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meghlaz); **E :** Cellule mère pollinique en pro-métaphase chez *S. patula* (population Tazrout haut de la route); **F :** Cellule mère pollinique en métaphase II chez *S. latifolia* (population Tizi-Meghlaz); **G :** Cellule mère pollinique en anaphase II chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meghlaz) ; **H :** Cellule mère pollinique en télophase II chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meghlaz); **I :** Tétrade chez *S. patula* (population Tazrout haut de la route).

III.2.3/ Les anomalies de la méiose observées chez *Silene patula*

et *Silene latifolia*

Au cours de la division méiotique, nos résultats se sont portés sur la présence de quelques anomalies où on distingue : pont chromosomique (Fig.10A), une cytomixie (Fig.10B), cytomixie entre méiocytes (Fig.10C), une orientation anormale du fuseau achromatique (Fig.10D), des chromosomes agglutinés (Fig.10E), une télophase II avec deux noyaux (Fig.10F), et une anaphase II avec cinq noyaux (Fig.10G).

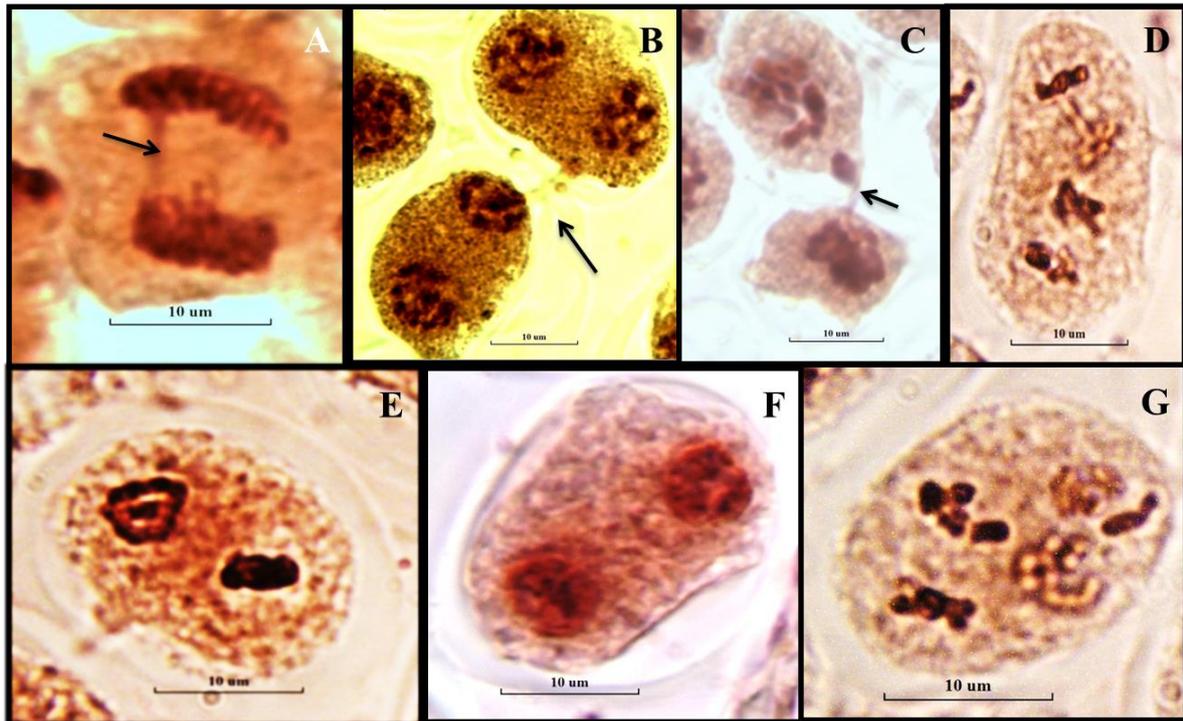


Figure 10 : Anomalies méiotiques observées chez *Silene patula* et *Silene latifolia* (Barre d'échelle de 10 µm). **A** : Pont chromosomique en anaphase I chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meglaz); **B** : cytomixie entre deux méiocytes chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meglaz); **C** : Cytomixie entre deux méiocytes chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meglaz); **D** : Orientation anormale du fuseau achromatique chez *S. patula* (population de Tazrout haut de la route); **E** : Chromosomes agglutinés chez *S. patula* (population de Tazrout haut de la route) ; **F** : Téléphase II avec deux noyaux chez *S. latifolia* (population de Tizi-Meglaz) ; **G** : Anaphase II avec cinq noyaux chez *S. patula* (population de Tazrout haut de la route).

III.3/ Analyse de la fertilité pollinique

La fertilité pollinique a été estimée à partir d'un nombre variable de fleurs aléatoirement choisies pour chacune des populations. Les grains de pollen qui sont uniformes et bien colorés en bleu sont considérés fertiles, tandis que ceux qui présentent des formes asymétriques et non colorés sont supposés stériles. La figure 11 montre la forme des grains de pollen (fertiles et stériles) chez *S. latifolia*, *S. patula*, *S. choulettii* et *S. disticha*.

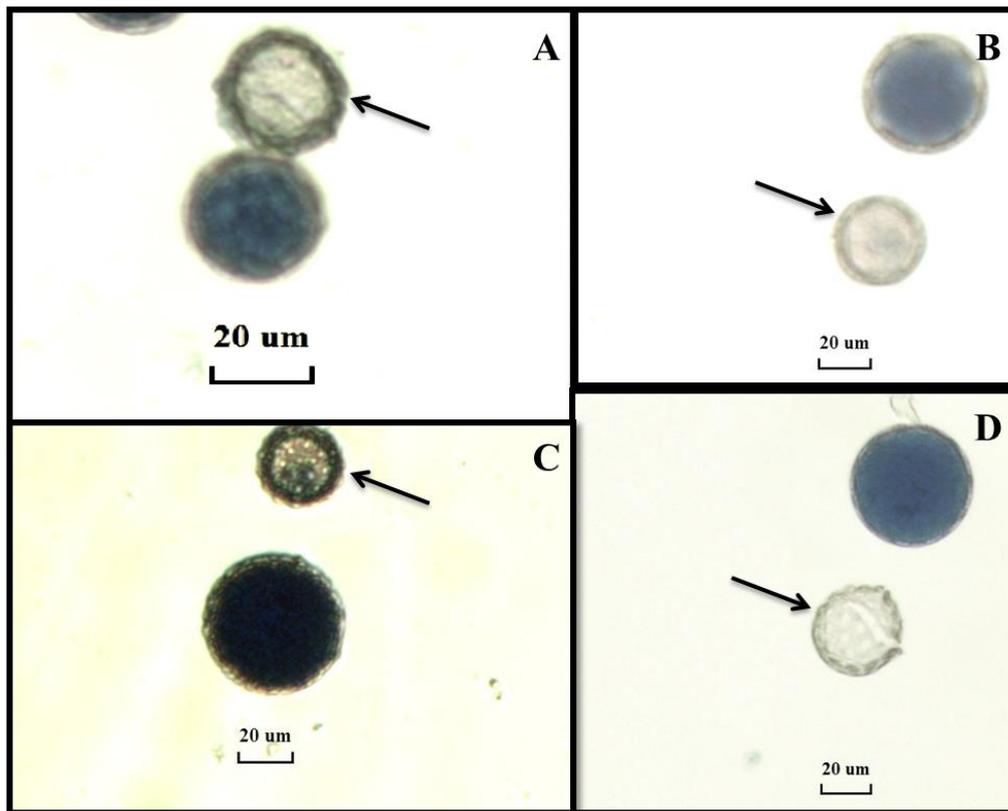


Figure 11 : Formes des grains de pollen des espèces étudiées (barre d'échelle de 20 µm). **A** : Grains de pollen de *S. latifolia* (population de Tizi-Meghlaz) ; **B** : Grains de pollen de *S. patula* (population de Tazrout) ; **C** : Grains de pollen de *S. choulettii* (population de Takkoucht) ; **D** : Grains de pollen de *S. disticha* (population de Tizi-Meghlaz). La flèche désigne les grains de pollen considérés non fertiles.

Les taux de fertilités polliniques des populations estimés chez *S. disticha*, *S. choulettii*, *S. latifolia*, *S. patula* sont présentés dans le tableau VI ci-dessous.

Tableau VI : Taux de fertilité pollinique (%) chez les espèces du genre *Silene* étudiées.

Espèces	Taux de fertilités polliniques (%)										Moyennes ± Ecart-types
	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7	F 8	F 9	F 10	
<i>S. disticha</i>	93	86	93	89	96	92	90	96	95	94	92,40±3,08
<i>S. choulettii</i>	91	93	3,16	2,06	94	93	12,02	97,17	13,78	94,18	59,33±42,27
<i>S. latifolia</i>	0,9	0,16	0,65	81	4,60	2,13	1,11	7,29	4,57	6,75	10,92±23,49
<i>S. patula</i>	93	83	97	3,80	75,28	96,07	49,34	8,47	55,30	65,7	62,70±32,30

IV/ DISCUSSION

IV/ Discussion

IV.1/ Dénombrement chromosomique

Les études méiotiques et mitotiques faites respectivement sur les boutons floraux et les racines chez *S. atlantica*, *S. neglecta* n'ont abouti à aucun résultat. Cela est dû au fait que la récolte des échantillons a été réalisée à la fin de la période de floraison. Tandis que chez *S. patula*, *S. disticha*, *S. chouletti*, *S. latifolia* ont révélé que ces dernières sont diploïdes à $2n = 2x = 24$ avec un nombre de base $x = 12$.

➤ *Silene patula*

L'étude des mitoses de la population de Tazrout haut-de-la route et bas-de-la route a révélé des cytotypes diploïdes à $2n = 2x = 24$ avec $x = 12$ comme nombre de base. Ce résultat a été déjà signalé par Blackburn and Morton (1957) en Portugal. En revanche, nos résultats sont différents de ceux trouvés par Belkhier et Benmoussa (2021) qui ont étudié les mêmes populations que nous. Ces deux auteurs ont observé, pour la population de Tazrout haut de la route, des métaphases I paraissant à 6 bivalents suggérant la présence d'un cytotype diploïde à $2n = 2x = 12$ avec $x=6$. Notre étude de la mitose de cette population était destinée à vérifier ce résultat de $2n = 12$. Les préparations de méioses interprétées comme des métaphases I à 6 bivalents seraient probablement des métaphases I à 6 tétravalents.

➤ *Silene disticha*

Cette espèce n'a jamais été étudiée en Algérie. L'étude de la mitose, sur des germinations de graines de la population du Pic des Singes, a permis d'observer plusieurs plaques métaphasiques avec des chromosomes bien séparés. Tous nos comptages sont de $2n = 2x = 24$ avec $x = 12$ comme nombre de base. Nos résultats coïncident avec ceux trouvés par Fernandes et Leitao (1971) en Portugal. Notre étude des méioses a permis l'obtention de quelques plaques mais qui n'étaient pas assez claires pour pouvoir compter les chromosomes.

➤ *Silene chouletii*

Cette espèce est une endémique algérienne limitée aux trois secteurs de la Kabylie (K1, K2 et K3) et au Constantinois C1 (Quézel et Santa, 1962) pour laquelle les chromosomes n'ont jamais été comptés à ce jour. L'étude effectuée sur la population de Takoucht a précisé que le cytotype est diploïde et à $2n = 2x = 24$ avec $x = 12$ comme nombre de base. Mersel et Ouacene (2020) ont tenté d'étudier les mitoses de cette espèce sur la même population de Takkoucht, mais leurs préparations n'ont pas permis un dénombrement chromosomique précis.

➤ *Silene latifolia*

Espèce qui n'a jamais été étudiée en Algérie. En méiose nous avons eu une bonne plaque métaphasique avec des chromosomes bien séparés où on peut compter $n = 12$ pour la population de Tizi-Maghlaz. Il s'agit donc d'une diploïde à $2n = 2x = 24$ avec $x = 12$. Le résultat rapporté par Bernátová (2007) en Slovaquie est semblable à celui de la présente étude.

IV.2/ Les anomalies de la méiose

Tout au long de notre étude méiotique, quelques anomalies ont été observées :

- Pont chromosomique : Les ponts de chromatine se définissent par une séparation incomplète des chromosomes, présentant un ADN reliant les pôles en anaphase I. Cette anomalie a été trouvée chez *S. latifolia* (population de Tizi-meghlaz). Les intermédiaires de réplication ou de recombinaison peuvent conduire à des ponts de chromatine en anaphase (Petsalak et al., 2014). Cette anomalie est due à l'agrégation ou à la viscosité des chromosomes en métaphase conduisant à une ségrégation bivalente tardive.
- Cytomixie entre méiocytes observée chez *S. latifolia* (population de Tizi-meghlaz). L'apparition de ce phénomène est due au transfert du matériel chromatique d'une cellule mère de pollen à l'autre par un canal de connexion. Selon Ranjbar et al. (2014), ces connexions constituent une voie importante pour l'échange de matériel génétique et de cytoplasme entre cellules mères polliniques adjacentes. Cette anomalie est d'une origine génétique influencée par des facteurs environnementaux (Lone et Lone, 2013).
- Chromosomes agglutinés chez *S. patula*. Ce phénomène a été signalé pour la première fois par Rao et al. (1990). De telles anomalies peuvent être associées à des facteurs environnementaux tels que les rayons X, la température, les compositions du sol (Mendes et al., 2001). D'après Gauden (1987), elles pourraient être causées par un dysfonctionnement de deux protéines non-histones (ADN topoisomérase II et des protéines périphériques) essentielles à la ségrégation des chromosomes. L'adhérence chromosomique est responsable de la stérilité des pollens, ce qui explique le taux de fertilité très faible trouvé chez cette espèce.
- Anaphases et télophases anormales chez *S. patula* et *S. latifolia*. Selon Pagliarini et al. (1992), cette anomalie est peut-être associée à des fuseaux anormaux qui présentent une irrégularité méiotique marquée, car les fuseaux peuvent joindre ou diviser des compléments chromosomiques en fonction de leur forme. Par exemple, les fuseaux tripolaires produisent des gamètes $2n$, tandis que les fuseaux multipolaires produisent des

gamètes déséquilibrés et stériles. Ainsi, des nombres variables de cellules allant jusqu'à cinq noyaux ont été observés (Pagliarini. 2000).

- Orientation anormale du fuseau achromatique chez *S. patula* (population Tazrout haut de la route). Anomalie spontanée affectant l'orientation du fuseau chromatique présentant un phénotype typique similaire à celui du fuseau divergent (dv) du maïs (Clark, 1940 ; Staiger et Cande, 1990 ; Shamina et al., 2000) qui pourrait avoir comme origine une mutation ou un phénomène occasionnel causé par des facteurs environnementaux. En temps normal, le fuseau converge pour former des pôles focalisés. Les bivalents occupent une petite portion au centre de la plaque en métaphase et les noyaux en télophase présentent une forme sphérique dans les deux divisions. En revanche, cette anomalie présente des bivalents qui se sont co-orientés sur la plaque métaphasique, ils sont positionnés à distance et s'étendent sur la plaque équatoriale.

IV.3/ Analyse de la fertilité pollinique

L'étude de la fertilité pollinique des quatre espèces du genre *Silene* à savoir *S. patula*, *S. disticha*, *S. choulettii* et *S. latifolia* a pu montrer une variabilité au niveau des taux de chacune des espèces :

Les taux de fertilité pollinique évalués chez *S. disticha*, *S. patula*, *S. chouletti* sont d'une moyenne de 92,4%, 62,70%, 59,33% respectivement qui indiquerait que les conditions climatiques et environnementales leur sont plus ou moins adéquates. Le taux de fertilité pollinique trouvé chez *S. latifolia* est d'une moyenne basse de 10,92%. Ce très faible taux revient aux conditions climatiques au cours lesquelles l'échantillonnage a été effectué (temps pluvieux). Les causes possibles à l'origine de la réduction de la fertilité pollinique sont les anomalies de la méiose, les différents stress abiotiques (choc thermique) et biotiques (attaques parasitaires) (Benmouhoub, 2007).

CONCLUSION

Conclusion

Ce travail est consacré à une étude cytogénétique de six types d'espèces du genre *Silene* : *S. patula*, *S. disticha*, *S. choulettii*, *S. latifolia*, *S. atlantica* et *S. neglecta* appartenant à la famille des Caryophyllacées. Le but principal de l'étude est la détermination du nombre chromosomique de chacune de ces espèces. Les différentes étapes de la mitose et la méiose, les anomalies de la méiose et la fertilité pollinique sont aussi abordés.

Les dénombrements chromosomiques chez *S. patula* (population de tazrout haut de la route) et *S. latifolia* sur des méioses ont révélé des cytotypes diploïdes avec $n = x = 12$. Les dénombrements chromosomiques chez *S. patula* (population de tazrout haut et bas de la route), *S. disticha* et *S. choulettii* sur des mitoses ont révélé des cytotypes diploïdes à $2n = 2x = 24$ avec $x = 12$ comme nombre de base.

Les plus anomalies les plus fréquemment observées sont les chromosomes agglutinés suivies des anaphases et télophases anormales. Sont aussi observés, à une moindre fréquence, les ponts chromosomiques, la cytomixie et l'orientation anormale du fuseau achromatique. L'étude de la fertilité pollinique a pu montrer une variabilité au niveau des taux de chacune des espèces étudiées. Ces taux de fertilité pollinique sont de $92,40 \pm 3,08\%$ pour *S. disticha*, $62,70 \pm 32,30\%$ pour *S. patula*, $59,33 \pm 42,27\%$ pour *S. choulettii* et $10,92 \pm 23,49\%$ pour *S. latifolia*.

Perspectives

- L'élargissement des études mitotiques semble nécessaire pour la réalisation des caryogrammes et caryotypes pour permettre la déduction de la morphologie des chromosomes.
- L'approfondissement des études méiotiques s'avère intéressant pour la détection de l'origine des anomalies et leur impact sur la viabilité pollinique.
- Les études morphologiques sur un échantillonnage plus vaste en termes d'individus et de populations s'annoncent pertinentes pour la confirmation de l'hétérogénéité taxonomique et génétique des espèces du genre *Silene*.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHYQUES

Références bibliographiques

A

Albrecht M. Fiege M. Osetska O., 2008. 8-Hydroxyquinolines in metallosupramolecular chemistry. *Coord Chem Rev* 252 (8–9):812–824.

B

Baker H., 1947. *Melandrium album* (Mill.) Garcke. *Journal of Ecology* 35: 274–282.

Battandier J.-A., Trabut L.-C., 1888. Flore de l'Algérie, Dicotylédones I. Librairie des sciences naturelles, Paris, 132-135 p.

Baptista-Giacomelli F. R., Pagliarini M. S. et Almeida J. L., 2000. Meiotic behavior in several Brazilian oat cultivars (*Avena sativa* L.). *Cytologia* 65(4) : 371–378.

Bari E. A., 1973. Cytological studies in the genus *Silene* L. *New Phytologist* 72(4): 833-838.

Battandier J.-A. Trabut L.C., 1902. Flore Analytique et Synoptique de l'Algérie et de la Tunisie.

Belkhier F. et Benmoussa S., 2021. Etude cytogénétique de *Silene vulgaris*, *S. patula*, *S. gallica* et *S. aristidis* (Caryophyllacées). Mémoire de master, Génétique fondamentale et appliquée. Université de Bejaia [Algérie], 31 p.

Benhouhou S., 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biologies* 330(8) : 589-605.

Benmouhoub, H., 2007. Analyse d'hybrides F1 et F2 intra- et/ou interspécifiques chez *Medicago polymorpha* L., *M. intertexta* (L.) Miller, *M. ciliaris* (L.) Krockner, *M. Arabica* (L.) Hudson. *M. orbicularis* (L.) Bartal. et *M. minima* (L.) Bartal. Interprétation taxogénétique. Magister en Biologie de la Conservation et Ecodéveloppement. Univ. A. MIRA de Béjaïa. 93p.

Bernatova D., 2007. New record *Silene* In Marhold K, Mårtonfi P, Mereda P. jun., Mráz P. (Eds) Chromosome number survey of the ferns and flowering plants of Slovakia .Veda. Bratislava,497 p.

Blackburn K. B. and Morton J. K., 1957. The incidence of polyploidy in the caryophyllaceae of Britain and Portugal. *New phytologist* 56 (3): 344-351.

Boissier E., 1867. Flora orientalis. Vol. 1. H. Georg, Basil, 1017 p.

Botineau M., 2010. Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, Tec & Doc (Eds.), Lavoisier.

C

Chepinoga V., Gnutikov A., Enushchenko I. V. et Rosbakh S. A., 2009. IAPT/IOPB Chromosome data 8. Marhold. *Taxon* 58 (4) : 1281-1289.

Chowdhuri P. K., 1957. Studies in the genus *Silene*. Notes from the Royal Botanic Garden. Edinburgh 22: 221-278.

Clark FJ., 1940. Cytogenetic studies of divergent meiotic spindle formation in *Zea mays*. *Am J Bot* 27:547-559.

Coode M. J. E. et Cullen, J., 1966. *Silene* L. In: Flora of Turkey and East Aegean Islands. Vol. 2 (Davis, P. H., ed.). University Press, Edinburgh. p. 179–242.

D

Daumas P. et Santa S., 1953. Les *Silènes* de l'Algérie et de la Tunisie. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord 44: 264-323.

Dobignard A. et Chatelain C., 2011. Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord, *Dicotyledonae Balsaminaceae à Euphorbiaceae*. Conservatoire et Jardin Botanique de la Ville de Genève, hors-série 11b, Vol. 3.

Dowd MA, Gaulden ME, Proctor BL and Seibert GB., 1986. Formaldehyde-induced acentric chromosome fragments and chromosome stickiness in *Chortophaga neuroblasts*. Environ. Mutagen. 8: 401-411.

Dupont F. et Guignard J. L., 2015. Botanique: les familles de plantes. Elsevier Masson, Paris. 388 p.

F

Fennane M. et Ibn-Tattou M., 1999. Flore pratique du Maroc: manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol. 1. Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae). Edition de l'Institut Scientifique de Rabat, Maroc.

Fernandes A. et Leitao M. T., 1971. Contribution à la connaissance cytotoxonomique des spermatophyta du Portugal III. Caryophyllaceae. Bol Soc Brot 45: 143-176.

G

Gadella Th. W. J., Kliphuis. E. et Mennega E. A., 1966. Chromosome numbers of some Flowering plants of Spain and S. France. *Acta Botanica Nterlandica*, 15 (2): 484-489.

Godoy S. M. D. Pereira A. R. A. Romagnolo M. B. et Risso-Pascotto C., 2012. Meiotic behavior during microsporogenesis of *Alchornea triplinervia* (Sprengel) Müller Argoviensis. *Ciência Rural* 42 (6): 1027-1032.

Greuter W., 1995. *Silene* (Caryophyllaceae) in Greece: a subgeneric and sectional classification. *Taxon* 44(4): 543-581.

H

Horlow, C. et Doutriaux M. P., 2003. Les mécanismes moléculaires de la méiose chez les plantes. *médecine/sciences* 19 (6-7): 717-723.

Hoseini E. Ghahremaninejad F. Assadi M. et Edalatiyan M., 2017. Seed micromorphology and its implication in subgeneric classification of *Silene* (Caryophyllaceae, Sileneae). *Flora* 228:31-38.

Hosny A. El Hadidi M. Shamsou E., 1992. Taxonomic studies of *Silenoideae* (Caryophyllaceae) in Egypt. 1. Systematic revision of the genus *Silene* L. *Taeckholmia* 14: 1-36.

J

Jafari F. Zarre S. Gholipour A. Eggens F. Rabeler R. K. et Oxelman B., 2020. A new taxonomic backbone for the infrageneric classification of the species-rich genus *Silene* (Caryophyllaceae). *Taxon* 69(2) : 337-368.

Jahier J., 1992. Techniques de cytogénétique végétale : INRA, Paris. 183 p.

Jorde L. Cary J, Bomshad M. White R., 2004. Génétique médicale, Edition Elsevier Française, 395 p.

Judd W.S. Campbell C.S. Kellogg E. A. et Stevens P., 2002. Botanique systématique: une perspective phylogénétique. Edition De Boeck, Paris, pp: 240- 243.

Julve Ph., 2021 ff. - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 27 avril 2021. <https://www.tela-botanica.org/projets/phytosociologie>.

K

Kaur D. et Singhal V. K., 2019. Meiotic abnormalities affect genetic constitution and pollen viability in dicots from Indian cold deserts. *BMC Plant Biology* 19(1): 10 <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1596-7>.

Kaur M. and Singhal K. V., 2014. Fust Repeat of cytomixis, and Méiotic Nepetago-vaniana Solang Valley, Kullu District, Himachal Pradesh. *Cytologia*; **79** : 227-233.

Kiihl P. Rodrigues A. Pereira A. Sara M. Neusa M. Colauto S. Riso-P., 2011. Chromosome stickiness during meiotic behavior analysis of *Passiflora serrato-digitata* L. (*Passifloraceae*). *Ciência Rural* 41(6): 1018-1023.

Khazanehdari K. A. et Jones G. H., 1997. The causes and consequences of meiotic irregularity in the leek (*Allium ampeloprasum* spp. *porrum*); implications for fertility, quality and uniformity. *Euphytica* 93: 313-319.

Koernicke M., 1905. Über die Wirkung von Röntgen- und Radiumstrahlen auf pflanzliche Gewebe und Zellen. *Dtsch. Bot. Ges.* 23: 404-415.

Kruckeberg A. R., 1955. Interspecific hybridizations of *Silene*. *American Journal of Botany* 42(4): 373-278.

Kumar P. Rana P.K. Himshikha-Singhal V.K. et Gupta R.C., 2014. Cytogeography and phenomenon of cytomixis in *Silene vulgaris* from cold regions of Northwest Himalayas (India). *Plant Syst Evol* 300(5): 831–842. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0922-7>.

L

Laberche J.-C., 1999, 2004, 2010. Biologie végétale. Dunod, Paris, 318 p.

Lone A. et Lone S., 2013. Cytomixis—a well known but less understood phenomenon in plants. *Int J Recent Sci Res* 4: 347-352.

M

Maire R., 1963. Flore de l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Edition Paul Lechevalier, Paris. Volume 10, 229 p.

Marie A. J., Loren L., Rudolf O. et James R., 2007. Chromosome malorientations after meiosis II arrest cause non disjunction. *Mol. Biol. Cell.* 18(5): 1645-1656.

Martin E. Duran A. Dinç M. et Öztürk M., 2008. Karyotype analysis of *Silene behen* L. (Caryophyllaceae). *Journal of Applied Biological Sciences* 2 (1): 13-15.

Mendes-Bonato A. B. Pagliarini M. S. de Silva N. et Borger de Valle C., 2001. Meiotic instability in invader plants of signal grass *Brachiaria decumens* Stapf. (Gramineae). *Acta Scientiarum Maringa* 23 (2): 619_625).

Mersel F. Ouacene . K., 2020. Nombres chromosomiques chez quatre espèces du genre *Silene* L. (Caryophyllacées), p 21.

Mesbah M., 2021. Etude taxonomique et biogéographique de quelques espèces du genre *Silene* L. (Caryophyllacées) en Algérie. Systématique, phylogénie et taxonomie. Thèse de doctorat. En Biologie. Université de Bejaia [Algérie]. 154 p.

Mursalimov S. R. Sidorchuk Y. V. et Deineko E. V., 2013. New insights into cytomixis: specific cellular features and prevalence in higher plants. *Planta* 238 (3): 415-423.

O

Otth A., 1824. *Silene* L. Prodrromus systematis naturalis regni vegetabilis, de Candolle, Genève. 1, 341-385.

Oxelman, B. Rautenberg A. Tholleson, M. Larsson, A. Frajman, B. Eggens. F. Brandtberg, A., 2013. *Sileneae* taxonomy and systematics. Available from <http://www.sileneae.info>.

P

Pagliarini M. S., 2000. Meiotic behavior of economically important plant species: the relationship between fertility and male sterility. *Genetics and Molecular Biology* 23(4): 997-1002.

Petsalak E., Dandoulaki M., Morrice N. et Zachos G., 2014. Chk1 protects against chromatin bridges by constitutively phosphorylating BLM serine 502 to inhibit BLM degradation. *J Cell Sci* 127(18): 3902-3908.

Pessim C. Pagliarini M. S. Silva N. et Jank L., 2015. Chromosome stickiness impairs meiosis and influences reproductive success in *Panicum maximum* (Poaceae) hybrid plants. *Genetics and Molecular Research* 14(2): 4195-4202.

Q

Quézel P. 1957. Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord : essai de synthèse biogéographique et phytosociologique. In: Encyclopédie Biogéographique et Ecologique, 10: 1-445. Edition Paul Lechevalier, Paris.

Quézel P. et Santa S., 1962, 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 2 Volumes. 1170 p.

Quézel, P., 1978. Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 65 (2): 479-534.

R

Rahou A. et Amssa M., 2003. Essai d'une synthèse d'affinité des espèces du genre *Silene* L. au Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat* 25: 43-51.

Rao P. N, Ranganadham P., Nirmala A., 1990. Behavior of a sticky desynaptic mutant in pearl millet. *Genetica* 81: 221-227.

Rameau J. C. Mansion, D., et Dumé, G., 2008. Flore forestière française: guide écologique illustré. Vol. 3 : Région méditerranéenne. Forêt privée française. 2426 p.

Ranjbar M. Karami S. Rostami M., 2014. Cytogenetic study and meiotic behaviour on 13 populations of *Fibigia* (Brassicaceae) in Iran. *Webbia* 69 (2) : 269-280.

Rohrbach P., 1868. Monographie der Gattung *Silene*. Verlag Von Wilhelm Engelmann, Leipzig. 249 p.

S

Shabrangi A. Majd A., Sheidai M., 2013. Comparing cytogenetic effects of extremely low frequency electromagnetic fields in *Brassica napus* L. and *Zea mays* L. *Journal of Pharmaceutical and Health Sciences* 1 (3): 185-192.

Shamina N. Dorogova N. et Trunova S., 2000. Radial spindle and the phenotype of the maize meiotic mutant, dv. *Cell Biol Int* 24:729-736.

Sheidai M., Nikoo M. et Gholipour A., 2008. Cytogenetic variability and new chromosome number reports in *Silene* L. species (Sect. Lasiostemones, Caryophyllaceae). *Acta Biologica Szegediensis* 52 (2): 313-319.

Short B.R. Vargas M.A. Thomas J.C. O'Hanlon S. et Enright M.C., 2006. In vitro activity of a novel compound, the metal ion chelating agent AQ+, against clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. *J Antimicrob Chemother.* 57(1):104–109.

Shykoff J. A. et Bucheli E., 1995. Pollinator visitation patterns, floral rewards and the probability of transmission of *Microbotryum violaceum*, a venereal-disease of plants. *J. Ecol.* 83: 189–198.

Singh R. J., 1993. Plant cytogenetic. CRC Press, Boca Raton.

Staiger C. J. et Cande W.Z., 1990. Microtubule distribution in dv, a maize meiotic mutant defective in the prophase to metaphase transition. *Dev Biol* 138: 231-242.

T

Talavera S. et Bocquet G., 1976. Notas sobre el genero *Silene* L. en Espana. II. Numeros cromosomicos de las especies espanolas (excepto sect. *scorpioideae* (Rohrb.) Chowdhuri YS. *Vulgaris* (Moench) Gark). *Lagascalia* 6 (1): 101-116.

V

Véla E. et Benhouhou S., 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biologies* 330(8): 589-605.

Vincent R., 2007. Génétique moléculaire. Edition De Boeck, Paris. 122 p.

Vaucher, J. P., 1841. Histoire physiologique des plantes d'Europe (Vol. 1). Edition Marc Aurel Frères. 577p.

W

Williams F. N., 1896. Revision of the Genus *Silene* L. *Linnean Journal of Botany* 32. 146 p.

Y

Young H. J., 2002. Diurnal and nocturnal pollination of *Silene alba* (Caryophyllaceae). *Am J Bot* 89: 433–440.

Sites web:

<https://api.tela-botanica.org/fr>

www.identify.plantnet.org

www.nzpcn.org.nz

www.Sauvagesdupoitou.com

<http://ccdb.tau.ac.il> Data Base chromosomes number

www.afl-lichenologie.fr

Etude cytogénétique de quelques espèces du genre *Silene* (Caryophyllacées) en Algérie.

Résumé : Ce travail s'articule autour d'une étude cytogénétique de six espèces du genre *Silene* de l'Algérie à savoir : *S. patula*, *S. disticha*, *S. choulettii*, *S. latifolia*, *S. atlantica*, *S. neglecta*. Le matériel végétal utilisé provient de différentes localités de la région de Béjaïa. Le but de l'étude consiste essentiellement à déterminer les nombres chromosomiques de ces espèces en question en analysant à la fois des méioses des boutons floraux et des mitoses racinaires tout en s'intéressant aux anomalies méiotiques et à la fertilité pollinique. Les résultats trouvés indiquent que les espèces étudiées présentent un nombre chromosomique diploïde de $2n=2x=24$ avec $x=12$ comme nombre de base. Les principales anomalies observées sont : Ponts chromosomiques, Cytomixie entre méiocytes, Chromosomes agglutinés, Anaphases et télophases anormales et Orientation anormale du fuseau achromatique. L'étude de la fertilité pollinique a pu montrer une variabilité au niveau des taux de chacune des espèces. Les valeurs moyennes des taux de fertilités polliniques sont comme suit : *S. disticha* (92,40±3,08%), *S. patula* (62,70±32,30%), *S. choulettii* (59,33±42,27%) et *S. latifolia* (10,92±23,49%).

Mots clés : *Silene*, Nombres chromosomiques, Anomalies méiotiques, Fertilité pollinique, Algérie.

Cytogenetic study of some species of the genus *Silene* (caryophyllaceae) in Algeria.

Abstract: This work revolves around a cytogenetic study of six species of the genus *Silene* from Algeria, namely: *S. patula*, *S. disticha*, *S. choulettii*, *S. latifolia*, *S. atlantica*, *S. neglecta*. The plant material used comes from different localities in the Bejaia region. The aim of the study is essentially to determine the chromosome numbers of these species by analyzing both flower bud meiosis and root mitosis including meiotic abnormalities and pollen fertility. The results found indicate that the species studied have a diploid chromosomal number of $2n=2x=24$ with $x=12$ as the base number. The main abnormalities observed are: Chromosomal bridges, Cytomixis between meiocytes, Agglutinated chromosomes, abnormal anaphases and telophases and abnormal orientation of the achromatic spindle. The study of pollen fertility showed variability in pollen fertility rates of each species. The average values of pollen fertility rates are as follows: *S. disticha* (92,40±3,08%), *S. patula* (62,70±32,30%), *S. choulettii* (59,33±42,27%) and *S. latifolia* (10,92±23,49%).

Key words: *Silene*, Chromosome numbers, Meiotic anomalies, Pollen fertility, Algeria.

دراسة وراثية خلوية لبعض أنواع جنس *Silene* (caryophyllacée) في الجزائر.

المخلص: يدور هذا العمل حول دراسة وراثية خلوية لستة أنواع في الجزائر، وهي: *S. patula*, *S. disticha*, *S. chouletti*, *S. latifolia*, *S. atlantica*, *S. neglecta* من جنس *Silene* الذي ينتمي إلى عائلة caryophyllacée عبر مناطق مختلفة من بجاية. الهدف هو في الأساس تحديد عدد الكروموسومات لهذه الأنواع المعنية في مجموعات سكانية مختلفة من خلال تحليل الانقسام الاختزالي والانقسام الفتيلي على التوالي، مع التركيز على التشوهات الانتصافية وخصوبة حبوب اللقاح. تشير النتائج التي تم العثور عليها إلى أن الأنواع المدروسة لها رقم كروموسوم ثنائي الصبغيات: $2n=2x=24$ مع $n=12$ كرقم أساسي. التشوهات الرئيسية التي لوحظت هي: جسر الكروموسومات، الخلط الخلوي بين الخلايا العضلية، الكروموسوم المتراص، الطور غير الطبيعي والطور الثانوي واتجاه غير طبيعي للمغزل اللوني. كانت دراسة خصوبة حبوب اللقاح قادرة على إظهار التباين في معدلات كل نوع من الأنواع. متوسط قيم معدلات خصوبة حبوب اللقاح هي كما يلي: *S. disticha* (92.40 ± 3.08%)، *S. patula* (62.70 ± 32.30%)، *S. choulettii* (59.33 ± 42.27%) و *S. latifolia* (10.92 ± 23.49%).

الكلمات المفتاحية: *Silene*، عدد الكروموسوم، التشوهات الإنزيمية، خصوبة حبوب اللقاح. الجزائر.