

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie physico-chimique  
Spécialité Génétique Fondamental et Appliquée



Réf :.....

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

**MASTER**

*Thème*

**Analyse cytogénétique de quelques espèces  
du genre *Silene* L. (Caryophyllacées) dans le  
Nord-Est Algérien.**

Présenté par :

**Boukhzar Sabrina & Bouhedda Loubna**

Soutenu le : **26 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

**Mme. Y. BENMESSAOUD**

**M. M. SAHNOUNE**

**Mme. A. MAHDID**

**MAA**

**Professeur**

**MAA**

**Présidente**

**Encadreur**

**Examinatrice**

**Année universitaire : 2017 / 2018**

# Dédicaces

Je dédie ce travail à ma maman chérie et mon très cher papa de m'avoir soutenue et encouragée tout le long de la réalisation de ce travail.

A mes sœurs adorées BILY, SARA et DALOU qui me remontent le moral tout le temps.

A tout mes amis, Anis, Rafik, Souad et surtout mes deux meilleures RIMA et KIMOU qui ne m'ont jamais laisser tomber.

A mon amie d'enfance Lila

A GHOUGHOU qui m'a encouragée à chaque instant.

A toute ma famille, khwali, mes tantes, oncles, voisins, cousins et cousines.

Sabrina

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents, ma belle maman Salima  
et mon cher père Kamel qui m'ont soutenue et me  
Soutiennent toujours, le long de mon parcours et  
me simplifient toute épreuve

A mes chers frères, Amine, Yacine et mon petit  
frère Ilyes

Mes belles sœurs Bouchra et Houda

A mes cousins et cousines, surtout Nora et Samira

A tous mes oncles et tantes

A mes chères copines, Meriem, Ibtissem, Louiza,  
Naziha et Akila

A toutes mes amies en particulier mon binôme  
Sabrina, et aussi Sonia, Cherifa, Anais, Hanna et  
Célia

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à  
la réalisation de ce modeste travail.

*Loubna*

# Remerciements

Avant tout nous tenons à remercier le bon Dieu pour nous avoir donné le courage et la volonté.

Nous remercions Pr SAHNOUNE M. pour son encadrement et son suivi tout le long de ce travail.

Nos sincères remerciements à notre Co-promotrice M<sup>elle</sup> Benmouhoub H. pour sa patience, son aide, sa générosité, sa bienveillance et ses indications.

Nous offrons les plus belles paroles de remerciement et d'appréciation à M<sup>elle</sup> Mesbah Melilia pour l'échantillonnage du matériel végétal utilisé, et pour son orientation et ses instructions.

Nous remercions énormément M<sup>elle</sup> Zemouri T. pour ses conseils et son aide, et Mr Zemouri Mourad pour ses encouragements.

Merci à toute personne travaillant au niveau du laboratoire de recherche en écologie et environnement.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à ceux qui ont été à l'origine de ce travail et à ceux qui nous ont soutenues et qui nous ont motivé à persévérer et à ne pas désespérer.

---

# Sommaire

Liste des tableaux

Listes des figures

Liste des abréviations

Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique.....	2
I. 1. La famille des Caryophyllacées.....	2
I.1.1. Répartition de la famille des Caryophyllacées.....	2
I.1.2 Morphologie des caryophyllacées.....	2
I. 2. Le genre <i>Silene</i> .....	2
I. 2.1. Morphologie du genre <i>Silene</i> .....	3
I. 2. 2. Histoire de la taxonomie du genre <i>Silene</i> .....	3
I. 2. 3. Le genre <i>Silene</i> en Algérie.....	4
I.2.3.1. Répartition et Description morphologique des espèces étudiées.....	4
I.2.4. Nombres chromosomiques du genre <i>Silene</i> .....	7
I.3. Les divisions cellulaires des plantes.....	10
I.3.1. La mitose .....	10
I.3.2. La méiose.....	10
I.3.2.1. Anomalies de la méiose.....	10
Chapitre II: Matériels et méthodes.....	13
II.1.Echantillonnage.....	13
II.2. Préparations des solutions.....	14
II.2.1. 8-Hydroxyquinoléine.....	14

---

II.2.2. Le Fixateur.....	14
II.2.3. HCl 1N.....	14
II.2.4. Le colorant a l'orcéine lactopropionique.....	14
II.2.5. Bleu de coton.....	15
II.3. Les différentes étapes de l'analyse de la mitose.....	15
II.4. Les différentes étapes de l'analyse de la méiose.....	16
II.5. Analyse de la fertilité pollinique.....	17
Chapitre III: Résultats et discussion.....	19
III.1. Dénombrements chromosomiques.....	19
III. 1. 1. <i>Silene mollissima</i> .....	19
III. 1. 2. <i>Silene fuscata</i> .....	20
III.1. 3. <i>Silene rubella</i> .....	21
III. 1. 4. <i>Silene reticulata</i> .....	22
III. 1. 5. <i>Silene cucubalus</i> .....	23
III.1. 6. <i>Silene secundiflora</i> .....	24
III. 2. Les différents stades de la méiose du genre <i>Silene</i> .....	25
III. 3. Anomalies de la méiose.....	26
III. 3. 1. Types d'anomalies.....	26
III. 3. 2. Taux d'anomalies trouvés.....	30
III. 4. Analyse de la fertilité pollinique.....	34
III. 5. Discussion.....	35
III. 5. 1. Dénombrement chromosomiques des espèces étudiées du genre <i>Silene</i> .....	35

III. 5. 2. Anomalies méiotiques.....	35
III. 5. 3. Analyse de la fertilité pollinique.....	36
Conclusion et perspective .....	38
Références bibliographiques.....	39
Annexes	
Résumé	

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Présentation des espèces du genre <i>Silene</i> étudiées	7
<b>II</b>	Nombres chromosomiques et niveaux de ploïdie dans le genre <i>Silene</i>	7
<b>III</b>	Origine géographique et dates de récolte des graines et boutons floraux des six espèces étudiées de <i>Silene</i>	13
<b>IV</b>	Taux d'anomalies trouvés chez les espèces étudiées	30
<b>V</b>	Taux de fertilité pollinique (%) chez les espèces de <i>Silene</i> étudiées	34

## Listes des figures

Figures(n)	Titre	Page
1	Morphologie des six espèces du genre <i>Silene</i> <b>A:</b> <i>S. mollissima</i> ; <b>B:</b> <i>S. fuscata</i> ; <b>C:</b> <i>S. rubella</i> ; <b>D:</b> <i>S. reticulata</i> ; <b>E:</b> <i>S. cucubalus</i> ; <b>F:</b> <i>S. reticulata</i>	6
2	Dénombrement chromosomique de <i>S. mollissima</i> <b>A, B:</b> En métaphase mitotique $2n=24$ ; <b>C, D:</b> En métaphase II méiotique $n=12$	19
3	Dénombrement chromosomique de <i>S. fuscata</i> <b>A, B:</b> En métaphase mitotique $2n=24$ . <b>C, D:</b> En métaphase I méiotique $n = 12$ .	20
4	Dénombrement chromosomique de <i>S. rubella</i> <b>A, B:</b> En mitose $2n=24$ . <b>C, D:</b> En métaphase II $n=12$ .	21
5	Dénombrement chromosomique de <i>S. reticulata</i> <b>A, B:</b> En mitose $2n=24$ . <b>C, D:</b> En métaphase II méiotique $n=12$ .	22
6	Dénombrements chromosomiques de <i>Silene cucubalus</i> <b>A,B:</b> En mitose $2n= 48$ . <b>C,D:</b> En méiose, les chromosomes ne sont pas bien séparés	23
7	Dénombrement chromosomique de <i>S. secundiflora</i> <b>A, B:</b> En mitose $2n=24$ . <b>C, D:</b> En métaphase II méiotique $n=12$ .	24
8	les différents stades de la division méiotiques du genre <i>Silene</i> <b>A:</b> Prophase, <b>B:</b> Métaphase II ; <b>C:</b> Anaphase ; <b>D:</b> Télaphase, <b>E:</b> Fin télaphase ; <b>F:</b> Tétrades	25
9	Types de cytoméxie dans les cellules mères méiotiques de <i>Silene</i> <b>A:</b> cytoméxie entre deux cellules en métaphase II; <b>B:</b> cytomixie entre trois cellules en métaphase II; <b>C:</b> cytomixie entre 4 cellules en télaphase; <b>D:</b> Cytomixie entre 5 cellules en métaphase II; <b>E:</b> cytomixie entre 7 cellules en télaphase.	26

10	Télophases anormales; <b>A</b> : télophase avec 1 noyau et 1 micronoyau; <b>B</b> : télophase avec 2 noyaux; <b>C</b> : télophase avec 3 noyaux; <b>D</b> : télophase avec 5 noyaux; <b>E</b> : télophase avec 7 noyaux	27
11	Tétrades anormales; <b>A</b> (Monade avec 2 micronoyaux), <b>B</b> : dyade, <b>C</b> : dyade (1Vide/ 1viable) avec 2 micronoyaux; <b>D</b> : Dyade avec micronoyaux, <b>E</b> : Dyade avec 6 micronoyaux, <b>F</b> : Triade; <b>G</b> : Triade (2 vides/ 1 viable) avec 3 micronoyaux; <b>H</b> : Triades avec 2 micronoyaux; <b>I</b> : Tétrade avec 1 micronoyau ; <b>J</b> : Tétrade avec 2 micronoyaux; <b>K</b> : Tétrade avec 3micronoyaux; <b>L</b> : Tétrade avec 5 micronoyaux; <b>M</b> : Tétrade (3 viables/ 1 vide) avec 3 micronoyaux; <b>N</b> : Tétrade (1 vide/ 3 viables); <b>O</b> : Tétrade (2 vide/ 2 viable); <b>P</b> : tetrade vide, <b>Q</b> : Pentade; <b>R</b> : Pentade avec 1 micronoyau; <b>S</b> : Hexade; <b>T</b> : Octade	27
12	Autres anomalies de la méiose; <b>A</b> : Anaphase avec chromosome retardataire, <b>B</b> : Cellule métaphasique avec chromosome retardataire, <b>C</b> : chromosome agglutiné en métaphase II, <b>D</b> : cellules mère polliniques vide, <b>E</b> : métaphase II montrant un rejet chromosomique, <b>F</b> : télophase montrant un rejet chromosomique	30
13	Histogrammes des pourcentages d'anomalies trouvées chez les espèces étudiées. <b>A</b> : Pourcentages d'anomalies trouvées chez <i>S. mollissima</i> , <b>B</b> : Pourcentages d'anomalies trouvées chez <i>S. fuscata</i> , <b>C</b> : Pourcentages d'anomalies trouvées chez <i>S. rubella</i> , <b>D</b> : Pourcentages d'anomalies trouvées chez <i>S. reticulata</i> , <b>E</b> : Pourcentages d'anomalies trouvées chez <i>S. cucubalus</i> , <b>F</b> : Pourcentages d'anomalies trouvées chez <i>S. secundiflora</i>	33
14	Photographie des grains de pollen des espèces étudiées. <b>A</b> : grain de pollen stérile de <i>S. mollissima</i> . <b>B</b> : grains de pollen de <i>S. fuscata</i> ; flèche noir grain de pollen stérile, flèche bleu grain de pollen fertile. <b>C</b> : grains de pollen de <i>S. rubella</i> ; flèche noir grain de pollen stérile, flèche bleu grain de pollen fertile. <b>D</b> : grains de pollen de <i>S. reticulata</i> ; flèche	34

	<p>noir grain de pollen stérile, flèche bleu grain de pollen fertile. <b>E:</b> grain de pollen stérile de <i>S. cucubalus</i> <b>F:</b> grain de pollen stérile de <i>S. secundiflora</i>, <b>G:</b> grain de pollen fertile de <i>S. secundiflora</i>.</p>	
--	--	--

## Liste Des Abréviations

*Ask* 1= Apoptosis signal-regulating kinase 1.

*Skp*= S-phase kinase-associated protein 2.

*Spo* 11= Meiotic recombination protein SPO11

*Asy*= protein asynaptic 1

*DMC1*= DNA meiotic recombinase 1

# Introduction

## Introduction

L'Algérie, due à sa position géographique et à sa grande diversité de biotopes, présente une importante richesse végétale régionale. La flore de l'Algérie comprend environ 4000 espèces réparties dans près de 150 familles (Benhouhou, 2007) avec un taux d'endémisme d'environ 12,6% (Tani *et al*, 2009). Les Caryophyllacées constituent la famille la plus évoluée des Caryophyllales et compte pas moins de 2630 espèces (Dupont et Guignard, 2012). Le genre *Silene* qui fait partie de cette dernière comprend environ 700 espèces (Judd, 2002). Il présente une large distribution mondiale et principalement méditerranéenne (Eggens, 2006). 71 espèces du genre *Silene* sont présentes en Algérie avec 13 sont endémiques à sub-endémiques dont cinq sont strictes à l'Algérie, deux endémiques sahariennes et six endémiques sectorielles (Quézel et Santa, 1963). Le reste des espèces du genre *Silene* d'Algérie se répartissent comme suit : dix-huit sub-endémiques (huit algéro-marocaines, quatre algéro-tunisiennes, quatre maghrébines, une numidico-italienne et une nord africaine) et quarante autres espèces à plus large répartition (treize méditerranéennes, six ouest-méditerranéennes, cinq ibéro-mauritaniennes, deux européennes et treize subcosmopolites) (Battandier et Trabut, 1902; Quézel et Santa, 1962; Maire, 1963; Dobignard et Chatelain, 2011).

Plusieurs études cytogénétiques ont été faites dans le monde sur le genre *Silene*. Ces dernières ont révélé que la majorité de ces espèces sont diploïdes avec un nombre chromosomique de  $2n=24$  (Blackburn, 1957; Bari, 1973). La cytogénétique, qui a connu de prodigieux développements à partir des années 1930 (Bernad et Bernard, 1992), est d'un grand apport pour la compréhension des mécanismes héréditaires de l'évolution (Jahier *et al.*, 1992). Malgré l'importance du genre *Silene* et de la cytogénétique, aucune étude n'a été faite dans ce domaine en Algérie. De ce fait, nous nous sommes intéressées à mener une contribution à la connaissance cytogénétique sur 6 espèces du Nord-Est de l'Algérie: *S. mollissima*, *S. fuscata*, *S. rubella*, *S. reticulata*, *S. cucubalus* et *S. secundiflora* dans le but de compter leur nombres chromosomiques, observer les anomalies qui peuvent survenir au cours de la division méiotique, et estimer leurs taux de fertilité pollinique.

Dans ce présent travail, nous présentons en première une synthèse bibliographique sur les espèces étudiées, en deuxième partie le matériel végétal utilisé ainsi que la méthodologie suivie pour réaliser cette étude, en troisième les résultats obtenus et leurs interprétations. Et nous terminons par une conclusion.

# Chapitre I: Synthèse bibliographique

## I-1- La famille des Caryophyllacées

Le nom de Caryophyllacées dérive du grec *caryo*, noeud et *phullon*, feuille, par allusion aux nœuds caulinares feuillés de ces plantes au niveau desquels la tige se brise aisément (Dupont et Guignard, 2012).

### I-1-1- Répartition de la famille des Caryophyllacées

C'est une famille constituée de 70 genres (Judd *et al.*, 2002) et 2 630 espèces (Dupont et Guignard, 2012). Elle est représentée dans toutes les contrées tempérées de l'Hémisphère nord et particulièrement dans les montagnes et les régions méditerranéennes (Judd *et al.*, 2002).

### I-1-2- Morphologie des caryophyllacées

La famille est composée de plantes herbacées, vivaces ou annuelles. Les tiges sont ordinairement renflées aux nœuds; feuilles opposées, parfois alternes ou verticillées, stipulées ou non. Les fleurs hermaphrodites ou unisexuées par avortement sont typiquement disposées en cymes bipares; elles sont de type cinq, constituées de 5 sépales, 5 pétales plus ou moins marqués. Les étamines sont en nombre variable de 1 à 10; calice à 4-5 segments libres ou  $\pm$  soudées; corolle dialypétale; ovaire supère, libre, quoique souvent plus au moins enveloppé par le calice, formé de 2-5 carpelles (2-5 styles). Le fruit est généralement capsulaire.

En Afrique du nord cette famille est divisée en trois sous-familles (Quézel et Santa, 1962; Maire, 1963):

- Paronychioidées: Caractérisées par des feuilles stipulées, stipules parfois peu visibles, pétales très souvent nuls ou très réduits.
- Alsinoïdées: Feuilles non stipulées, pétales en général bien développés, 4 à 5 sépales, libres ou à peine concrescents à la base.
- Silenoïdées: Feuilles non stipulées, pétales en général bien développés, 5 sépales longuement concrescents en un calice tubuleux ou ventru à dents courtes.

## I-2- Le genre *Silene*

*Silene* est ainsi appelé par allusion au Dieu grec dont le ventre ballonné ressemblait au calice de la plante. Le genre *Silene* est considéré comme étant le genre le plus important de la famille des Caryophyllacées, et aussi le plus nombreux de toute la flore de l'Afrique du Nord.

Il englobe environ 700 espèces à l'échelle mondiale, principalement dans l'hémisphère nord, l'Europe, l'Asie et l'Afrique du nord (Bari, 1973; Ozenda, 1995; Rameau *et al.*, 2008).

### I-2-1- Morphologie du genre *Silene*

Les plantes sont des herbes ou petits arbrisseaux avec des tiges à nœuds souvent renflés, feuilles opposées, simples, entières, avec ou sans stipules. Les fleurs sont actinomorphes, généralement hermaphrodites ou unisexuées. Les inflorescences sont variées: cymes unipares, bipares ou grappes de cymes. Le calice est à 5 sépales libres ou soudés avec un tube parcouru par 10, 20, 30 nervures ou plus. Les 5 Pétales comportent un limbe évasé et un onglet rétréci, à la base du limbe se situent habituellement 1-2 appendices ligulaires (appelées aussi squames, ou écailles) plus ou moins marquées, parfois absentes. Les étamines sont au nombre de 10. L'ovaire est généralement supère à 3, 4 ou 5 styles. Le fruit est capsulaire, polysperme (parfois akène ou baie). Le gynophore peut être présent, parfois  $\pm$  réduit ou même nul. Les Graines nombreuses comportent deux faces et un dos, A la limite des faces et du dos se situent les marges, Ces marges peuvent être droites, sinueuses ou absentes, leur aspect est parfois aliforme et, dans les cas de développement extrême, la graine est dite ailée (Quézel et Santa, 1962; Maire, 1963; Fennane *et al.*, 1999; Rameau *et al.*, 2008).

### I-2-2- Histoire de la taxonomie du genre *Silene*

Depuis la classification du genre *Silene* dans la famille des Caryophyllacées par Linné en 1753, peu d'auteurs se sont investis dans la révision de ce dernier:

- Otth (1824) a divisé le genre en 8 sections: Nanosilene, Behenantha, Otite, Conoimorpha, Stachymorpha, Rupifraga, Siphonomorpha et Atocion (De Candolle, 1824; Vaucher, 1841; Talavera, 1979).
- Rohbach (1868 *in* Eggen, 2006), a fait une nouvelle classification basée sur la morphologie de l'inflorescence, et divise le genre *Silene* en 2 sous genres: *Behen Rohrb* et *Silene*
- En 1957, Chawdhuri a fait une révision du genre *Silene* au niveau des sections en prenant compte d'autres critères morphologiques en divisant le genre *Silene* en 44 sections, mais les études moléculaires remettent en question cette classification (Oxelman *et al.*, 1997, 2000; Burleigh et Holtsford, 2003 *in* Talavera, 1979; Atzadadeh, 2014).
- En Afrique du nord Maire (1963) a subdivisé *Silene* en 3 sous-genres en se basant sur des caractères morphologiques considérés importants et déterminants dans la systématique du

genre: *Behen bunge*, *Conosilene* et *Eusilene*. Ce dernier a été divisé en 4 sections (Pleiogynae, Cincinnosilene, Dichasiosilene et Botryosilene) et plusieurs sous sections.

Selon l'étude de Rahou et Amsa (2003), fondée sur l'affinité morphologique du genre *Silene*, celui-ci a été subdivisé en 18 sections.

### **I-2-3- Le genre *Silene* en Algérie**

En Algérie, il existe 71 espèces du genre *Silene*. C'est le genre le plus riche en espèces endémiques. Ce dernier contient 13 espèces endémiques (5 endémiques strictes, 2 endémiques sahariennes et 6 endémiques sectorielles). 18 sub-endémiques (8 algéro-marocaines, 4 algéro-tunisiennes, 4 maghrébines, 1 numidico-italienne et 1 nord africaine). 40 autres espèces (13 méditerranéennes, 6 ouest-méditerranéennes, 5 ibéro-mauritaniennes, 2 européennes et 13 à large répartition) (Battandier et Trabut, 1902; Quézel et Santa, 1962; Maire, 1963; Dobignard et Chatelain, 2011).

#### **I-2-3-1- Répartition et Description morphologique des espèces étudiées**

La répartition des espèces étudiées, leurs statuts et leurs classifications sont résumés en Tableau I. Leurs descriptions morphologiques sont comme suit :

##### ***S. mollissima***

Feuilles plus ou moins poilues, à poils allongés. Plante moins élevée (10-50 cm). Pétales sans appendices liguliformes, roses, purpurins ou crème intérieurement, jaune-verdâtre ou jaunâtre ou rose extérieurement. Graines verruqueuses et plus ou moins muriquées sur le dos et les marges - Rochers calcaires surtout en montagne (Maire, 1963).

##### ***S. fuscata***

Tiges dressés feuilles oblongues, ondulés; Calice rougeâtre à dents ovales, obtuses, claviforme à la fructification, très fortement ombiliqué à la base. Capsule ovoïde; podocarpe égalant la capsule ou un peu plus long. Graines réniformes à faces convexes mais légèrement déprimées près du hile. Pétales purpurins, entiers ou légèrement émarginés. Se retrouve dans les lieux humides des vallées, des jardins (Andrien, 1894).

***S. rubella***

Plantes pubescentes mais non glanduleuses; feuilles obtuses; fleurs petites et rose; à calice membraneux, blanchâtre, court et souvent pourpre au sommet. Pétales nuls ou bien marqués, à onglet non exsert, blancs ou rouges. Feuilles ondulées ou non, plus au moins denses. Pédoncules grêles et courts, 2-5 mm long. Racine grêle, pivotante. 10 nervures, grêles, vertes un peu saillantes. Pétales 5, à limbe purpurin, rarement blanc, atteignant 4 mm long. Tige dressée, 8-40 cm long., simple ou rameuse dès la base, sub-cylindrique ou obtusément tétragone à la base, modérément renflée aux nœuds. Graines à faces planes ou peu concaves; elle se retrouve au bord des routes lieux sablonneux (Quézel et Santa 1962; Maire 1963; Andrien, 1894).

***S. reticulata***

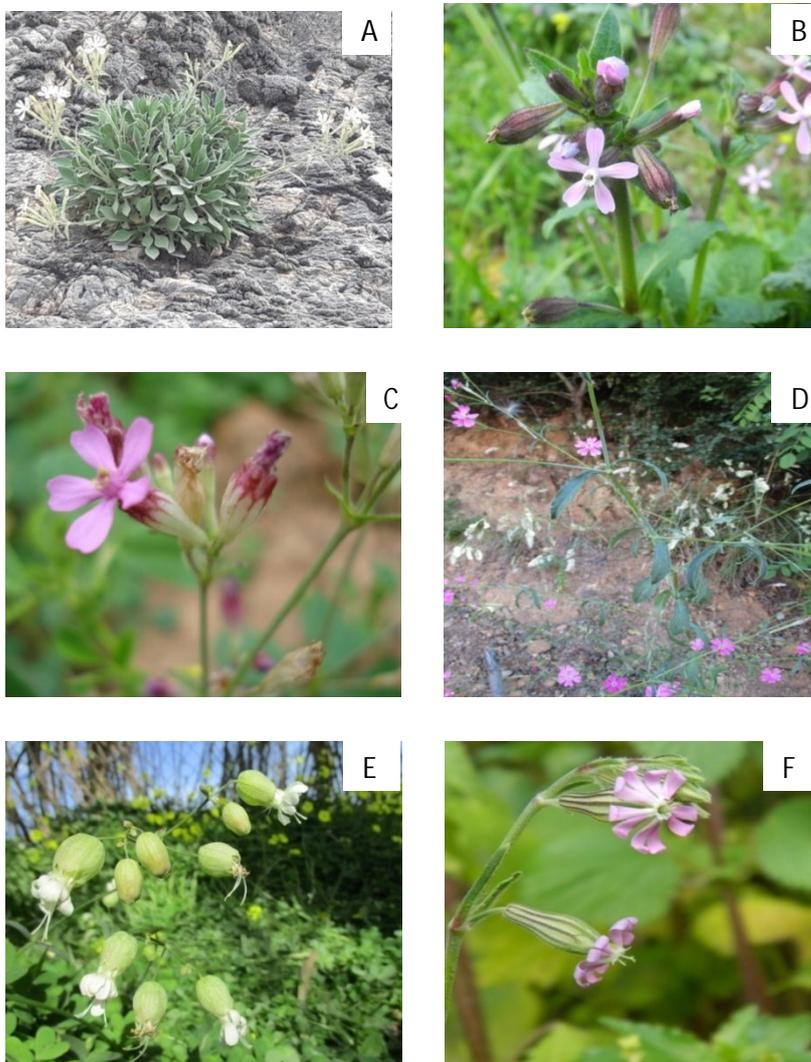
Herbe verte glabre ou presque glabre. Racine pivotante, assez épaisse. Tige dressée, 20-80 cm de long, cylindrique, lisse ou légèrement papilleuse inférieurement à un fort grossissement, visqueuse au milieu des entre nœuds dans la partie supérieure. Pédoncules assez épais, très courts (4 mm maximum). Calice 20-26 mm de long, claviforme, longuement acuminé-apiculé au sommet, non contracté au sommet, tronqué et ombiliqué à la base, membraneux-blanchâtre, entièrement glabre. 10 nervures, un peu saillantes, filiformes, rougeâtres. La Corolle a un diamètre de 15mm. 5 pétales, a limbe purpurin, plurinervié, 6-7 mm long., largement obovale. 10 Etamines, à filets filiformes, blancs, glabres; anthères oblongues, Jaunes, 1,5-2 mm long. Ovaire vert, lisse, oblong-cylindrique. 3 styles, blancs, filiformes, stigmatifères. Capsule oblongue, rugueuse et mate, 8-10 mm long. Gynophore 10-12 mm long, grêle. Graines verruqueuses, sur les marges et le dos, striées radialement (Maire, 1963).

***S. cucubalus***

Plante vivace de 15-60 cm; hémicryptophyte. Plante glabre ou légèrement pubescente, glauque. Souche ligneuse. Tige dressée souvent ramifiée, renflée aux nœuds. Feuilles opposées, ovales ou lancéolées (larges de 5-30 mm), les inférieures atténuées à la base. Fleurs blanches, rarement rosées, penchées, unisexuées généralement (mais pas obligatoirement), disposées en cymes bipares. Bractées membraneuses. Calice renflé en ballon, glabre, à 20 nervures réticulées, à dents largement triangulaires. Grands pétales fendus en 2 lobes, avec 2 bosses ou 2 écailles situées à la gorge. Capsule presque globuleuse (Rameau *et al.*, 2008).

*S. secundiflora*

Feuilles très brièvement connées. Tiges dressées ou ascendantes, 8-60 cm long. Fleurs en grappes unilatérales. Pédoncules grêles, à pubescence dense, pouvant atteindre 15 mm de long. Calice 13-15 mm long. 5 Pétales à limbe rose, parfois purpurin, de 3-5 mm. Deux appendices ligulaires renflés-bulbeux à la base. Calice fructifère piriforme-subglobuleux. Capsule jaune ocracé, de 10-15 mm à gynophore court, épais et fortement sillonné. Graines relativement énormes (2-3 mm) à ailes larges, minces et très ondulées (Andrien, 1894; Quézel et Santa 1962; Maire 1963). Le tableau I résume les données des espèces étudiées dans ce travail



**Figure 1 :** Morphologie des six espèces du genre *Silene*  
A: *S. mollissima* ; B: *S. fuscata* ; C: *S. rubella* ;  
D: *S. reticulata* ; E: *S. cucubalus*; F: *S. secundiflora*

**Tableau I:** Présentation des espèces du genre *Silene* étudiées (Quézel et Santa, 1962; Rahou et Amssa, 2003).

Espèces	Auteurs	Sections	Biogéographie	Statuts
<i>S. mollissima</i> = <i>S. andryalifolia</i>	Pomel 1875	Siphonomorpha (Otth in DC)	Ouest méditerranéen	Assez commune
<i>S. fuscata</i>	Link et Brot 1804	Atocion(Otth in DC)	Méditerranéen	Commune
<i>S. rubella</i> <i>subsp.rubella</i> = <i>S.</i> <i>turbinata</i>	Linée 1753	Atocion (Otth in DC)	Méditerranéen	Commune
<i>S. reticulata</i>	Desfontaines	Visicaria	Endémique	Rare
<i>S. cucubalus</i> = <i>S.</i> <i>vulgaris subsp</i> <i>vulgaris</i>	Miller et Gark 1768	Inflata(Boissier)	Eurasiatique	Commune
<i>S. secundiflora</i>	Otth in DC 1824	Dipterosperma (Rohrb)	Ibéro-Mauritanien	Rare

#### I-2-4- Nombres chromosomiques 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. Vu sa chorologie cosmopolite, il a suscité l'intérêt scientifique dans plusieurs universités du monde: Iran, Amérique du nord, Maroc, Espagne, Royaume Uni, Turquie... etc. Selon Bari (1973), le nombre chromosomique haploïde de base est de  $x=10$  ou  $x=12$ . La majorité des espèces du genre sont diploïdes avec  $2n=2x=24$  ou  $2n=2x=20$ . Cependant, il existe des espèces triploïdes  $2n=3x=30$ , tétraploïdes  $2n=4x=48$ , hexaploïdes  $2n=6x=72$  et même des niveaux de ploïdie plus élevés à savoir  $8x$ ,  $10x$  et  $16x$  ( $x=12$ ) (Tableau II).

**Tableau II :** Nombres chromosomiques et niveaux de ploïdie dans le genre *Silene*.

Espèce	Section	Nombre chromosomique	Ploïdie	Localisation	Références
<i>S. longipetala</i> (Vent)	Lasiostermones	$2n=24$	$2x$	Iran	Sheidai <i>et al.</i> , 2008.
<i>S. propinqua</i> (schischk.)	Lasiostermones	$2n=48$	$4x$		
<i>S. bupleuroides</i> <i>ssp.bupleuroides</i> (Linée)	<i>Sclerocalycinae</i>	$2n=24$	$2x$	Iran	Sheidai <i>et al.</i> , 2009.
<i>S. eremtica</i> (Boissier)					
<i>S. aucheriana</i> (Boissier)	Auriculata	$2n=24/$ $2n=48$	$2x/4x$	Iran	Sheidai <i>et al.</i> , 2011.
<i>S. pseudoaucheriana</i> (Melzh)	Auriculata	$2n=48$	$4x$		
<i>S. odontopetala</i> (Fenzi)	Inflata	$2n=24$	$2x$		

<i>S. vulgaris</i> (Moench)					
<i>S. conoidea</i> (Linée)	Conoimorpha	2n=24		Iran	Ghasemi <i>et al.</i> , 2015.
<i>S. palinotricha</i> (Fenzl ex Boissier)	Auriculata	2n=24	2x	Iran	Gholipour et Sheidai, 2010.
<i>S. pseudonurensis</i> (Melzh.)					
<i>S. commelinifolia</i> (Boissier)	Auriculata	2n=24/ 2n=48	2x/4x	Iran	Gholipour et Sheidai, 2010; Atzazadeh <i>et al.</i> , 2014.
<i>S. nurensis</i> (Boissier et Hausskn)	Auriculata	2n=24	2x	Iran	Atzazadeh <i>et al.</i> , 2014.
<i>S. lucida</i> (Chowdhuri)		2n=48	4x		
<i>S. eremicana</i> (Stapf)					
<i>S. behen</i> (Linée)	Behenantha	2n=24	2x	Espagne, Turquie	Martin <i>et al.</i> , 2008; Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. secundiflora</i> (Otth)	Dipterosperma	n=12/ 2n=24	2x	Province de Valence, Espagne Maroc,	Gadella <i>et al.</i> , 1966; Chepinoga <i>et al.</i> , 2009; Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. ramosissima</i> (Desfontaines)	Silene	n=12/ 2n=24	2x	Province de Cadix, Espagne Maroc	Gadella <i>et al.</i> , 1966; Chepinoga <i>et al.</i> , 2009; Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. pseudovelutina</i> (Rothm.)	Siphonomorpha	n=12	2x	Espagne	Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. mellifera</i> (Boissier)					
<i>S. nutans</i> (Linée)	Siphonomorpha	n=12/ 2n=24	2x	Espagne, Îles Britanniques	Talavera et Bocquet, 1976, blackburn, 1957.
<i>S. saxifraga</i> (Linée)	Suffruticosae	n=12/ 2n=24	2x	Espagne	Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. legionensis</i> (Lag.)	Fruticulosae	n=12/ 2n=24			
<i>S. alba</i> subsp <i>divaricata</i> (Reichenb.)	Elisanthe	n=12/ 2n=24			
<i>S. inaperta</i> (Linée)	Rigidulae	n=12/ 2n=24	2x	Espagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976, blackburn, 1957.
<i>S. fuscata</i> (Link ex Brot.)	Atocion	n=12		Espagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976 ; blackburn, 1957.
<i>S. divaricata</i> (Clemente)	Atocion	n=12	2x	Espagne	Talavera et Bocquet, 1976.
<i>S. stricta</i> (Linée)	Behenantha	n=12			
<i>S. gallica</i> (Linée)	Silene	n=12		Espagne, Afrique du Nord, Bretagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976; Bari, 1973 ; blackburn, 1957.
<i>S. tridentata</i> (Desfontaines)	Silene	n=12		Espagne, Maroc	Talavera et Bocquet, 1976; Chepinoga <i>et al.</i> , 2009.

<i>S. colorata</i> (Poirret)	Dipterosperma	n=12/ 2n=24	2x	Espagne, Maroc, Malte, Cécile, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976; Chepinoga <i>et al.</i> , 2009; Bari, 1973; blackburn, 1957.
<i>S. apetala</i> (Willd.)	Dipterosperma	n=12/ 2n=24	2x	Espagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976; blackburn, 1957.
<i>S. conoidea</i> (Linée)	Conomorpha	n=10/ 2n=20	2x	Espagne, Afganistan	Talavera et Bocquet, 1976; Bari, 1973.
<i>S. obtusifolia</i> (Willd.)	Scorpioideae	2n=24		Maroc	Chepinoga <i>et al.</i> , 2009.
<i>S. capensis</i> (Oth.)		2n=24		Afrique du nord	Bari, 1973.
<i>S. compacta</i> (Fisch.)		2n=24		Turquie	Bari, 1973.
<i>S. conica</i> (Linée)	Conoimorpha	2n=20/2n=2 4	2x	Grande- Bretagne, France, îles britannique	Bari, 1973; blackburn 1957.
<i>S. dichotoma</i> (Ehrh.)		2n=24	2x	France, Suisse Allemagne,	Bari, 1973.
<i>S. acaulis</i> (Linée) Jacq.		2n=24	2x	Îles britannique	
<i>S. ciliata</i> (Pourr.)	Fruticulosae	2n=24, 36, 48	2x/3x/4x	Portugal	
<i>S. cucubalus</i> (Wibel)	Inflata	2n=24/ 2n=48	2x/4x	Portugal, Îles Britanniques	Blackburn, 1957.
<i>S. maritima</i> (With.)		2n=24		Portugal, Îles Britanniques	
<i>S. nocturna</i> (Linée)	Scorpioideae	2n=24		Portugal	
<i>S. portensis</i> (Linée)	Rigidulae	n=12/ 2n=24	2x	Espagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976; Blackburn, 1957.
<i>S. rubella</i> (Linée)	Atocion	n=12/ 2n=24	2x	Espagne, Portugal	Talavera et Bocquet, 1976, Blackburn, 1957.
<i>S. supina</i> (M. Bieb.)		2n=24		Roumanie	Draghia <i>et al.</i> , 2013.
<i>S. californica</i> (Durand)		2n=48, 96	4x/ 8x		
<i>S. hookeri</i> (Nutt.)		2n=72	6x		
<i>S. laciniata</i> (Cav.)		2n=96	8x		
<i>S. menziesii</i> (Hook.)		2n=24, 48	2x/4x		
<i>S. nuda</i> (S. Watson) C. L. Hitchc. et Maguire		2n=48	4x		
<i>S. parryi</i> (S. Watson) C. L. Hitchc. et Maguire		2n=48, 96	4x/ 8x	Amérique du Nord	Kruckeberg 1954
<i>S. scouleri</i> (Hook.)		2n=48, 96	4x/ 8x		
<i>S. scouleri subsp.</i> <i>Pringlei</i> (S. Watson) H. et M.		2n=60	6x		
<i>S. virginica</i> (Linée)		2n=48	4x		

### **I-3- Les divisions cellulaires des plantes**

#### **I-3- 1- La mitose**

C'est un processus qui maintient la ploïdie entre la cellule mère et les cellules filles par une division nucléaire et cytoplasmique. Elle commence par une prophase caractérisée par la condensation des chromosomes où les deux chromatides sœurs restent ensemble pour la cohésion. En pro-métaphase, les chromatides se séparent par un fuseau de fibres de microtubules et les chromosomes s'alignent en plaque métaphasique. L'élimination de la cohésion entre les chromatides sœurs déclenche l'anaphase formant deux lots génétiquement identiques. Enfin, en télophase, le fuseau est désassemblé, les chromosomes se décondensent et la division s'achève par la cytodierèse et la formation de deux cellules filles (Cromer, 2013).

#### **I-3- 2- La méiose**

C'est une division cellulaire essentielle à la production sexuée des organismes. Elle est caractérisée par la réduction du nombre de chromosomes afin de maintenir le niveau de ploïdie de l'espèce. La méiose est constituée de deux divisions successives: méiose I, réductionnelle, permet la ségrégation des chromosomes homologues parentaux ; et la méiose II équationnelle, permet la séparation des chromatides sœurs. Lors de ces deux divisions, la phase M est divisée en quatre étapes : la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase (Cromer, 2013).

##### **I-3-2-1- Anomalies de la méiose**

#### **Cytomixie**

C'est la migration du matériel cytoplasmique ou génétique entre les cellules adjacentes via des connexions cytoplasmiques dont l'origine est mal connue. Ce phénomène a été signalé pour la première fois par Kornicke (1901) dans les cellules mères polliniques de *Crocus sativus*. La cytomixie peut conduire à la formation de PMCs (Cellules Mères Polliniques) avec des nombres chromosomiques anormaux ou des microspores aberrantes; triades, pentades, hexades... etc (Bellucci *et al.*, 2003). Elle a un rôle dans l'évolution des plantes car elle est considérée comme un mécanisme supplémentaire à l'origine de l'aneuploïdie et lapolyploïdie (Pagliarini, 2000). Des conditions environnementales et des facteurs génétiques, non encore élucidés, peuvent induire cette anomalie (Love, 1938 et Bass *et al.*, 2003).

### **La ségrégation chromosomique irrégulière**

Elle consiste en la migration précoce des chromosomes vers les pôles en métaphase, et des chromosomes retardataires pendant les anaphases. Ces anomalies peuvent conduire à la formation de micronoyaux, ces derniers peuvent provenir de chromosomes univalents pendant la diacynèse ou métaphase I (le résultat de la terminaison précoce du chiasma, présence de mutants synaptiques en prophase I) (Pagliaghini, 2000; Mendes-Bonato *et al.*, 2001; Godoy *et al.*, 2012).

### **Viscosité des chromosomes**

C'est une agrégation chromosomique qui peut être observée à n'importe quelle phase du cycle cellulaire, et le nombre de chromosome impliqués est variable. Elle peut être causée par des facteurs environnementaux, et aussi génétiques. Cette viscosité induit la formation d'un noyau pycnotique qui, à son tour, abouti à la dégénérescence de la chromatine. Gaulden (1987) suggère que la viscosité des chromosomes résulte d'un changement dans l'une des protéines non histones spécifiques (topoisomérase II et protéines périphériques), soit par une mutation dans les gènes structuraux de ces protéines ou par une action directe de mutagènes sur ces dernières (Pagliarini, 2000; Bione *et al.*, 2000; Mende-Bonato *et al.*, 2001; Sheidai et Fadaei, 2005).

### **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. Ce gène est un homologue de *Spo11* chez la levure. La protéine *Spo 11* causes des cassures double brin nécessaires à la mise en route de la recombinaison homologue et *Dmc1* est impliquée dans l'orientation de la recombinaison réparatrice vers le chromosome homologue. Une mutation au niveau de ces gènes entraîne une stérilité partielle chez *Arabidopsis thaliana* confirmant rôle de la recombinaison homologue pour la formation de bivalents (Horlow et doutriaux, 2003)

**Chromosomes retardataires**

Ils sont issus d'une séparation défectueuse des chromosomes homologues lors de l'anaphase I. Ils sont dus à une mutation au niveau du gène *Ask 1* (insertion dans un gène qui code pour un composant du système d'ubiquitylation). Ce gène est homologue de *Skp* chez la levure. De ce fait, les auteurs proposent que le gène *Ask* est responsable de la dégradation des structures qui connectent les chromosomes homologues (Horlow et Doutriaux, 2003).

# Chapitre II :

## Matériel et méthodes

## II- Matériel et méthodes

Ce travail repose sur l'étude des cellules en division mitotique, méiotique et sur l'étude de la fertilité pollinique de six espèces du genre *Silene*.

### II.1-Echantillonnage

Le matériel végétal a été récolté dans différentes régions. Le tableau III montre l'origine géographique et les dates de récoltes des boutons floraux en période de floraison et/ou des graines matures en fin de cette période. La figure 1 montre les traits morphologiques caractérisant chaque espèce.

**Tableau III:** Origine géographique et dates de récolte des graines et boutons floraux des six espèces étudiées de *Silene*

Espèces	Origine géographique	Coordonnées GPS	Date de récolte des boutons floraux	Date de récolte des graines
<i>S. mollissima</i>	Ath zili / source	36°32'12.00N 4°31'16.65"E		14/07/2017
	Ivaoulen	36°32'7.89N 4°28'6.06E	06/05/2017	
<i>S. fuscata</i>	El kantina	36°.731920N 2°.869175E		10/02/2017
	Tikjda (Bouira)	36°.45594N 4°13'469E	24/04/2017	
<i>S. rubella</i>	Crête rouge (Bouira)	36°21'51.27"N 4°7'27.11"E		26/04/2017
		36°36.386N 4°.12383E	24/02/2018	
<i>S. reticulata</i>	Ath salah			02/07/2014
	Ain skhoune (Béjaïa)	36°42'41.89N 5°2'11.18E	20/04/2017	
<i>S. secundiflora</i>	Boumerdes-Alger	36°.77115N 5°.07764E		14/06/2017
	Gouraya(Béjaïa)	36°46'5.13N 5°5'24.49E	11/04/2018	
<i>S. cucubalus</i>	Pol universitaire de Bouira	36°22'44.78N 3°52'31.48E		19/02/2017
	Campus Univ deTarga Ouzemmour Béjaïa	36°.22' 3797N 3°.52'2882E	10/02/2017	

## II-2- Préparations des solutions

### II-2-1- 8-Hydroxyquinoléine

On dissout 0,03g de la poudre de 8-hydroxyquinoléine dans 100ml d'eau distillée pour une solution de 0,002 M.

Le prétraitement permet de contracter les chromosomes, ce qui facilitera leur individualisation et obtenir ainsi un grand nombre de plaques métaphasiques (Löve et Löve (1975).

### II-2-2- Le Fixateur

Le fixateur assure un arrêt rapide des divisions cellulaires sans détruire la structure chromosomique, et une bonne conservation du matériel végétal, par son rôle aseptisant, pendant une longue période (Jahier *et al.*, 1992). Le fixateur détruit toute vie cellulaire. Il doit avoir une action rapide pour bloquer toute évolution des divisions cellulaires. Il permet de conserver l'intégrité structurale des chromosomes et d'améliorer l'absorption des colorants (Löve et Löve, 1975; Jahier *et al.*, 1992).

Le fixateur utilisé pour les racines et le carnoy I préparé comme suit :

- ✓ 3 volumes d'éthanol,
- ✓ 1 volume d'acide acétique glacial.

Le fixateur utilisé pour la conservation des boutons floraux est le carnoy II composé de :

- ✓ 6 Volume d'éthanol,
- ✓ 3 Volume de chloroforme,
- ✓ 1Volume d'acide acétique.

### II-2-3- HCl 1N

Pour un volume de 500 ml d'HCl 1N, on utilise 44,5 ml de HCl fumant. (**Attention !**, verser d'abord une bonne quantité d'eau puis ajouter HCL fumant puis affiner l'ajustement à 500 ml).

### II-2-4- Le colorant a l'orcéine lactopropionique

Le colorant utilisé est à base d'orcéine lactopropionique préparé selon Dyer (1963) et modifié selon Löve et Löve (1975). Dans un grand erlenmeyer, on dissout 2 g d'orcéine dans 23 ml d'acide propionique et 23 ml d'acide lactique, ensuite on ajoute de l'eau distillée jusqu'à 100 ml et on agite bien la solution puis on filtre. La solution d'orcéine ainsi obtenue se conserve longtemps dans un flacon en verre fumé.

### II-2-5- Bleu de coton

Le colorant est préparé selon le protocole de Mertens et Hamnersmith (1998). Il est composé de :

- ✓ 8 volumes de glycérine,
- ✓ 4 volumes d'acide lactique à 85%,
- ✓ 4 volumes d'un mélange de cristaux de phénol (1 g de phénol + 4 ml d'eau distillée),
- ✓ 2 volumes d'eau distillée,
- ✓ 1 volume de bleu d'aniline à 1% (0.05 ml + 100 ml d'eau distillée).

### II-3- Les différentes étapes de l'analyse de la mitose

- **Mise en germination des graines**

Les graines de chaque espèce sont étalées sur du papier absorbant coupé aux mêmes dimensions que la base de 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. Dans chaque boîte de pétri comportant les graines est placée une étiquette portant le nom de la station et la date de mise à germination.

- **Prétraitement à la 8-hydroxyquinoléine**

A partir des graines germées, on prélève avec des pinces propres les pointes des racines d'environ 1cm, ensuite on les plonge dans une solution de 8-hydroxyquinoléine 0.002 M pendant 3h.

- **Fixation**

Après prétraitement, les pointes des racines sont plongées dans le fixateur carnoy I pendant une nuit.

- **Hydrolyse à l'acide chlore-hydrique normal**

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

- **Coloration**

Afin de mettre en évidence les zones méristématiques et améliorer la visibilité des chromosomes lors de leur observation, les racines hydrolysées sont mises dans une boîte de Pétri en verre contenant l'orcéine lactopropionique, puis transférées dans le bain marie pour 10 min.

- **Préparation des lames**

Sous une loupe binoculaire, avec une pince propre, on prend une racine et on la met sur une lame de microscope, et avec une aiguille, on coupe l'extrémité de la racine colorée en noir. On ajoute une goutte du colorant, puis on la recouvre avec une lamelle. Après avoir éliminé le surplus de colorant à l'aide du papier absorbant, on écrase avec une tige en bois, en prenant soin de ne pas faire bouger la lamelle.

- **Observation**

Cette étape consiste à passer la préparation au microscope optique pour observer des cellules en mitose. L'observation des chromosomes est obtenue par un grossissement supérieur, le plus souvent avec l'objectif (x100) à immersion.

- **Photographie**

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

## II-4- Les différentes étapes de l'analyse de la méiose

- **Hydrolyse**

Cette étape a pour but de ramollir les cellules et éclaircir le cytoplasme. Cette étape consiste à transférer les fleurs des boutons floraux fixés dans du HCL (1N) pendant 4-5 min dans le bain marie à 60° C.

- **Récupération des anthères**

Sous une loupe binoculaire, à l'aide d'une pince et une aiguille, on prend une fleur et on la met sur une lame, puis on ajoute une goutte d'eau, ensuite on fait sortir les dix anthères séparées sur deux lames.

- **Coloration**

Après avoir préparé les deux lames contenant les anthères, on ajoute une goutte du colorant (orceine lactopropionique), puis on les met dans le bain marie pendant 3-4 min à 60°C. On couvre les lames préparées par des lamelles. On met du papier filtre sur la lamelle pour éliminer l'excès du colorant et on exerce une légère pression avec le pouce pour étaler les anthères et libérer les cellules mères polliniques.

- **Observation**

Après la coloration, on passe la préparation au microscope photonique pour observer les cellules en méiose. Les cellules mères polliniques sont repérées facilement à l'aide d'un objectif de grossissement ( $G = 10$  ou  $G = 40$ ). L'observation des chromosomes est obtenue par un grossissement supérieur le plus souvent avec le grossissement ( $G = 100$ ). Pour pouvoir compter les chromosomes, on doit chercher des divisions cellulaires au stade métaphasique où les chromosomes sont plus ou moins contractés, ce qui facilite leur individualisation ; les lames sont conservées pendant quelque jours en les lutant avec du vernis à ongles transparent.

- **Photographie**

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

## **II-5- Analyse de la fertilité pollinique**

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

### **Technique de coloration des grains de pollen**

Sous la loupe binoculaire, sur une lame de microscope dans une goutte d'eau, on isole les anthères à l'aide de deux aiguilles, puis on écrase les anthères afin de récupérer le maximum de grains de pollen. On élimine les débris des anthères vides, ensuite on laisse sécher la goutte d'eau contenant les grains de pollen à l'air libre. On ajoute une petite goutte de bleu de coton sur les grains de pollen et on recouvre d'une lamelle. On laisse agir le colorant au moins 10min et on passe à l'observation au microscope photonique.

### **Evaluation du taux de fertilité pollinique**

On compte entre 400 et 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 forme et de tailles anormales et non colorés uniformément 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 non fertiles (stériles).

**La formule:  $TF = n / N * 100$**

**TF** = Taux de fertilité pollinique;

**n** = Nombre de grains de pollen normaux (fertiles);

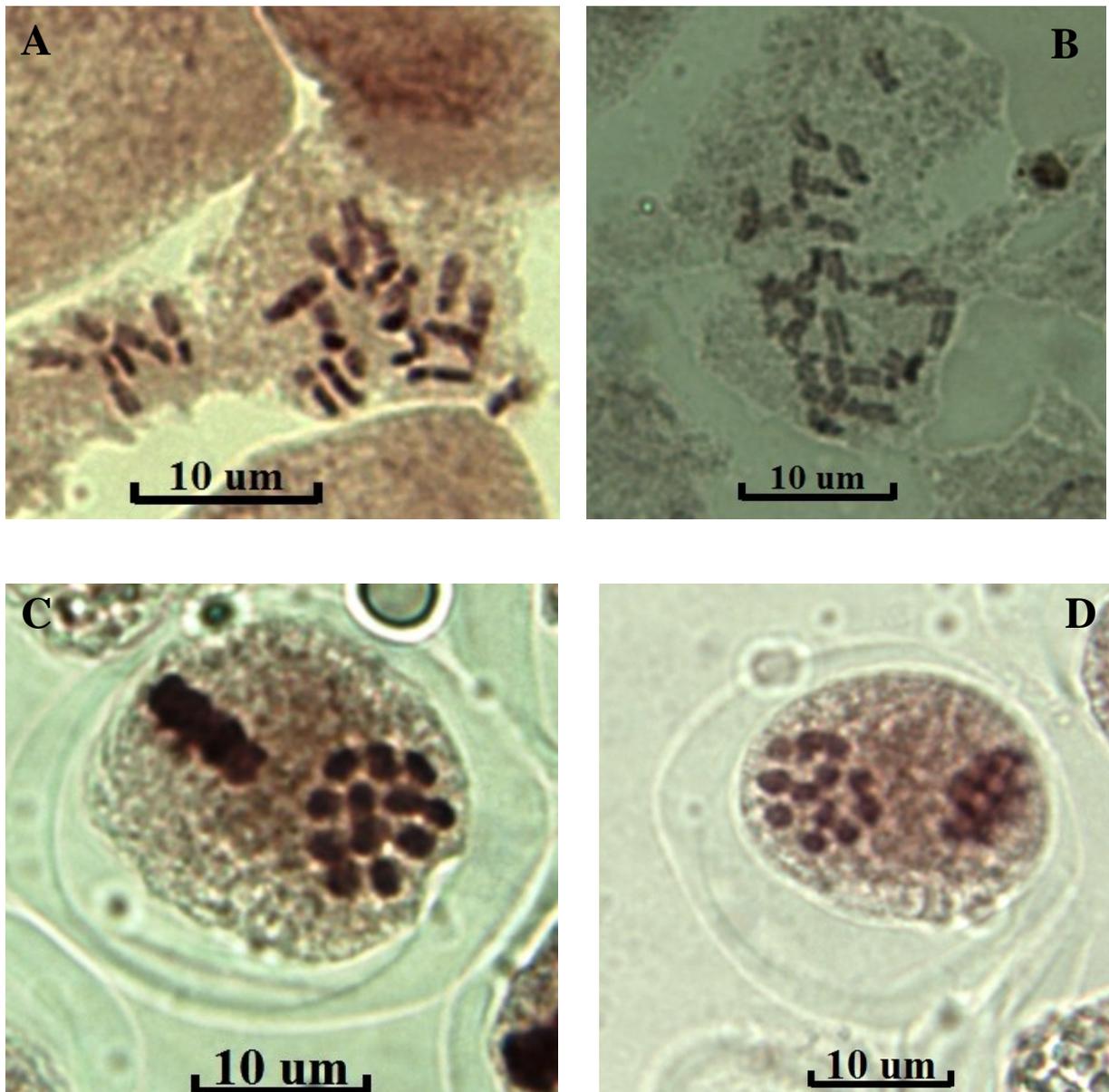
**N** = Nombre total de grains de pollen ; normaux (fertiles) et anormaux (stériles).

# Chapitre III: Résultats et discussion

### III-1- Dénombrements chromosomiques

L'observation des chromosomes en division mitotique et méiotique est effectuée au niveau des cellules méristématiques de la racine et des cellules mères polliniques respectivement. Les résultats obtenus sont illustrés dans les Figures 2-7.

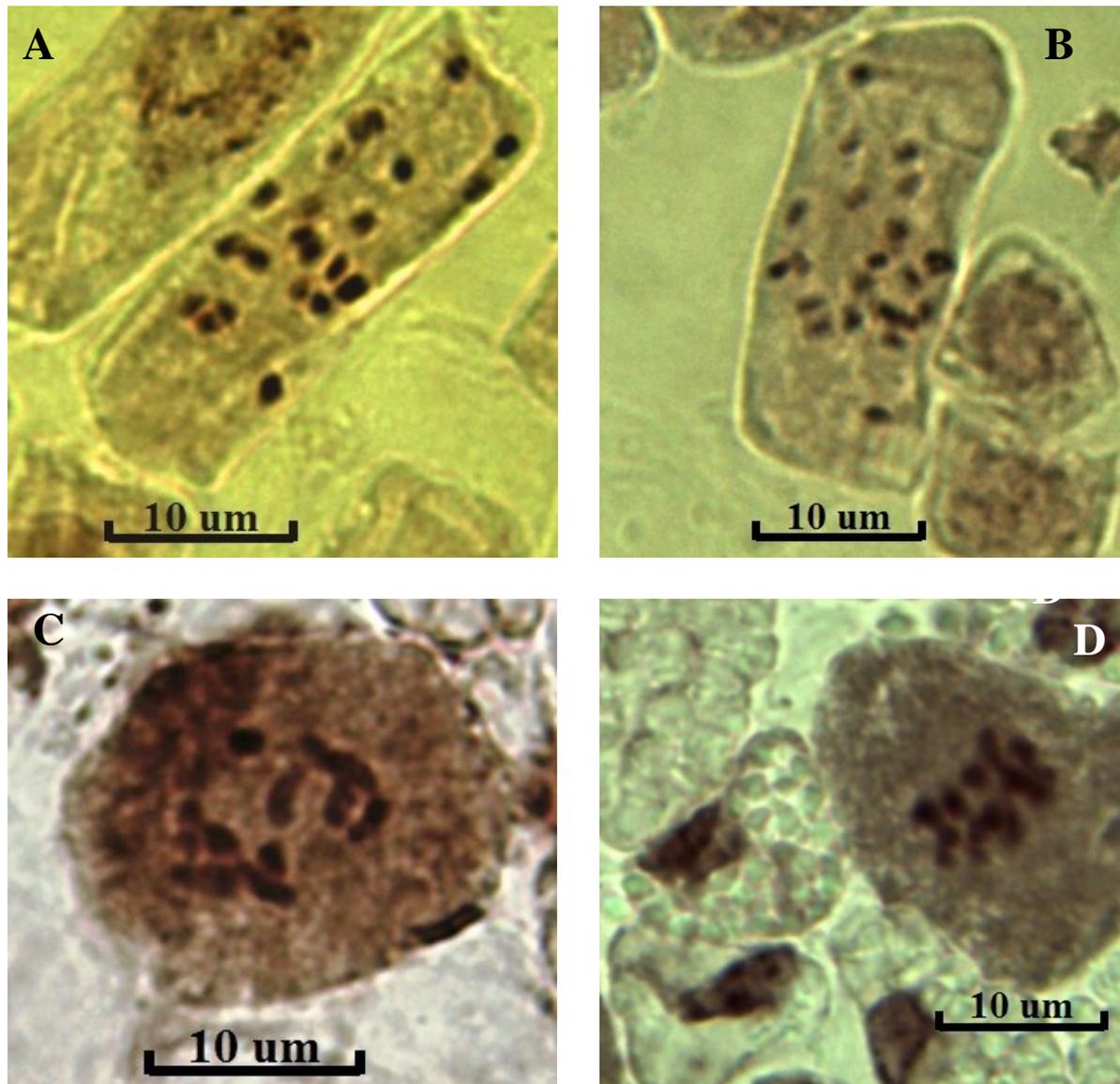
#### III- 1- 1- *Silene mollissima*



**Figure 2:** Dénombrements chromosomiques de *Silene mollissima*

A, B: En métaphase mitotique  $2n=24$ .

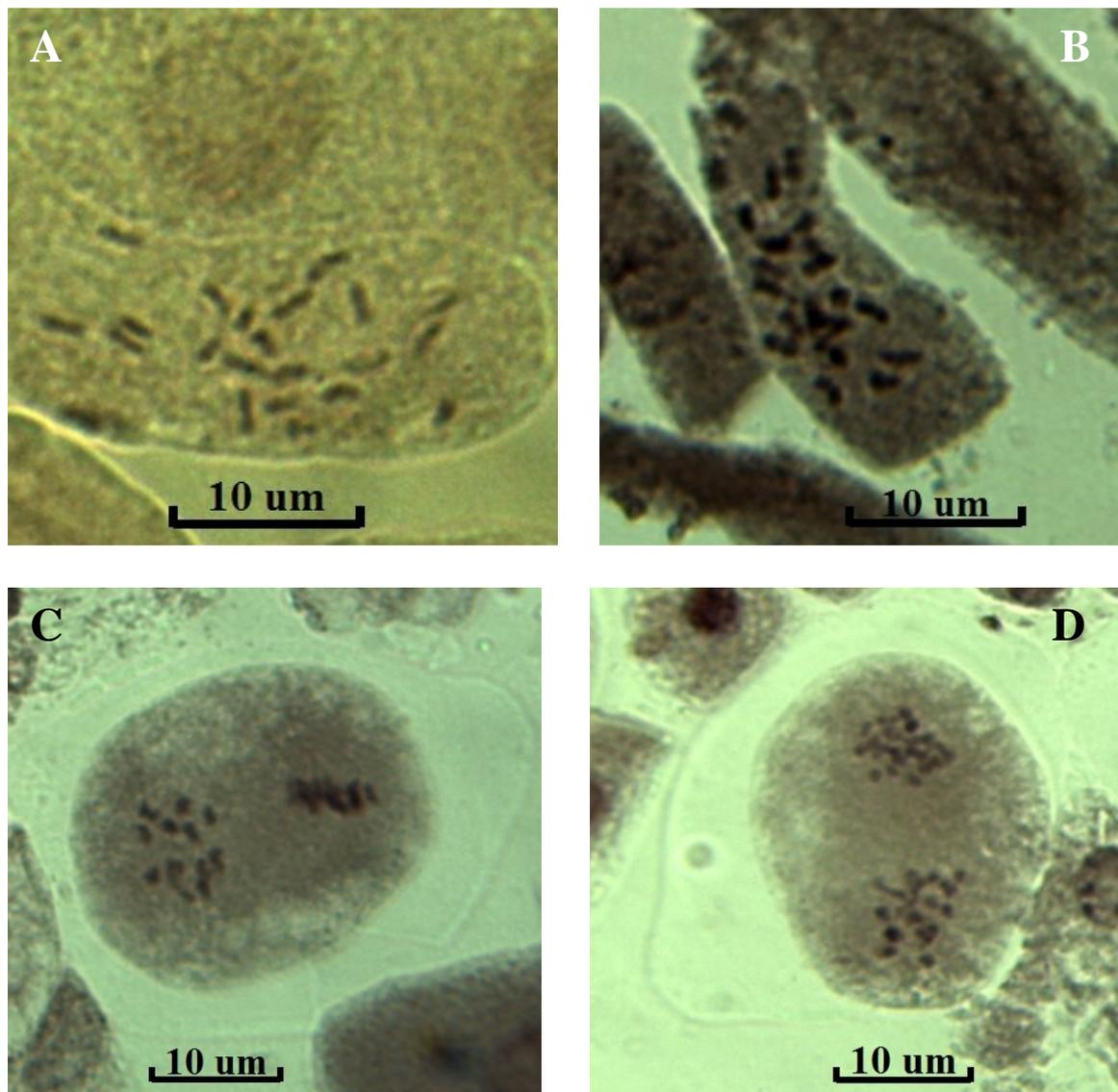
C, D: En métaphase II méiotique  $n=12$ .

III- 1- 2- *Silene fuscata*

**Figure 3:** Dénombrements chromosomiques de *Silene fuscata*

A, B: En métaphase mitotique  $2n=24$ .

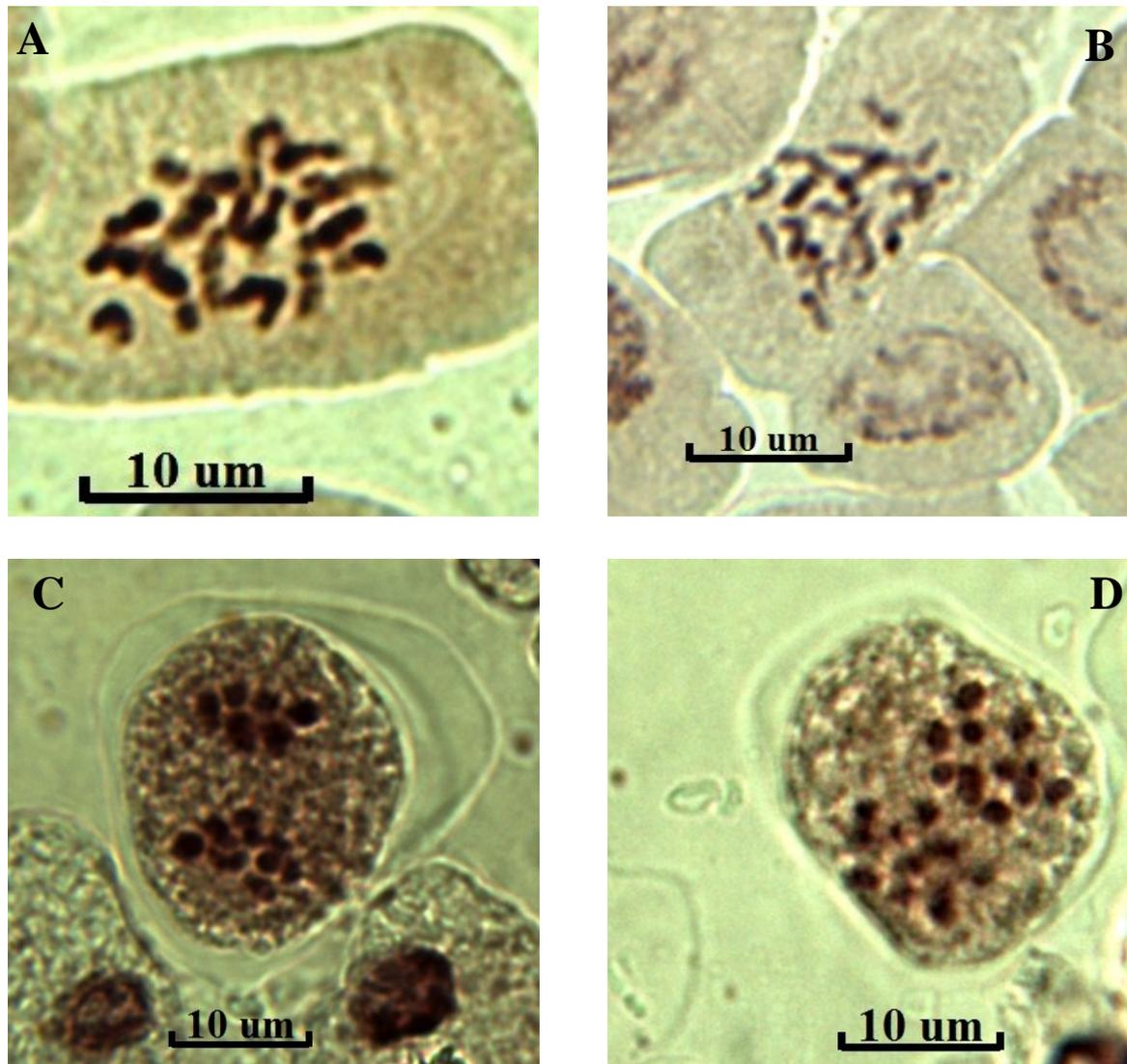
C, D: En métaphase I méiotique  $n = 12$ .

III-1- 3- *Silene rubella*

**Figure 4:** Dénombrements chromosomiques de *Silene rubella*

A, B: En mitose  $2n=24$ .

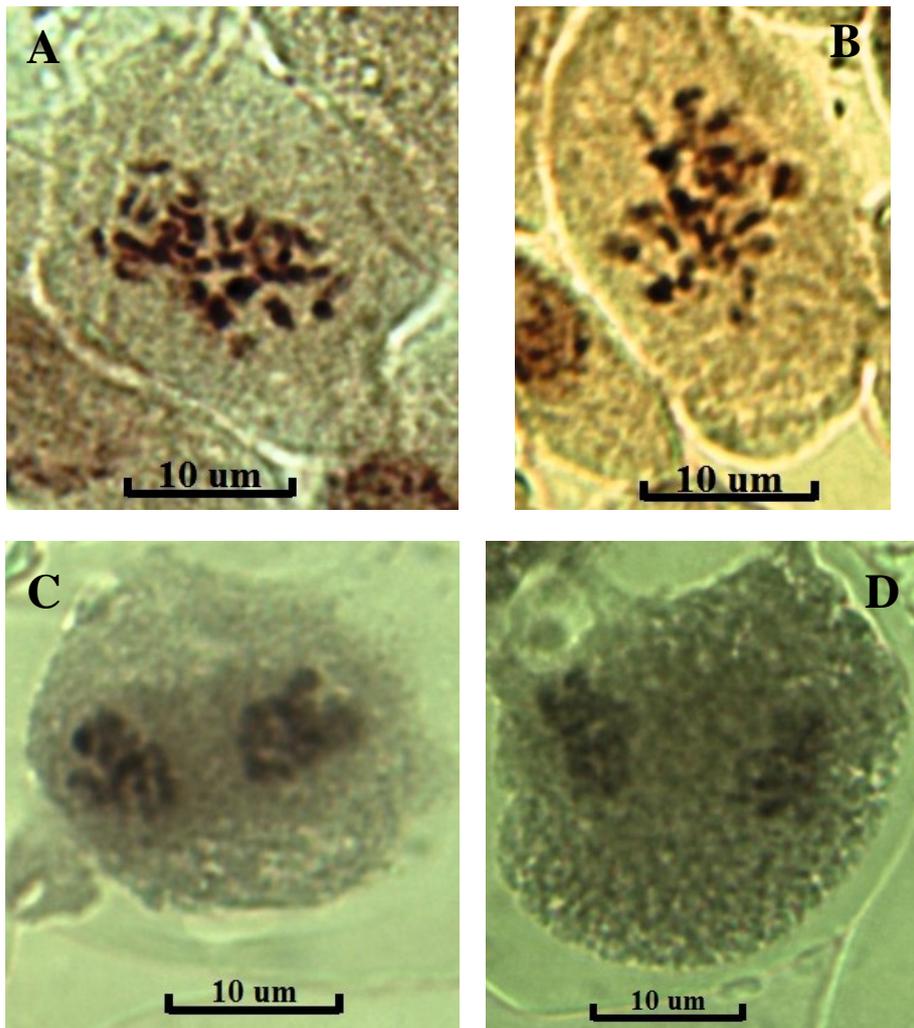
C, D: En métaphase II  $n=12$ .

III-1- 4- *Silene reticulata*

**Figure 5:** Dénombrements chromosomiques de *Silene reticulata*

**A, B:** En mitose  $2n=24$ .

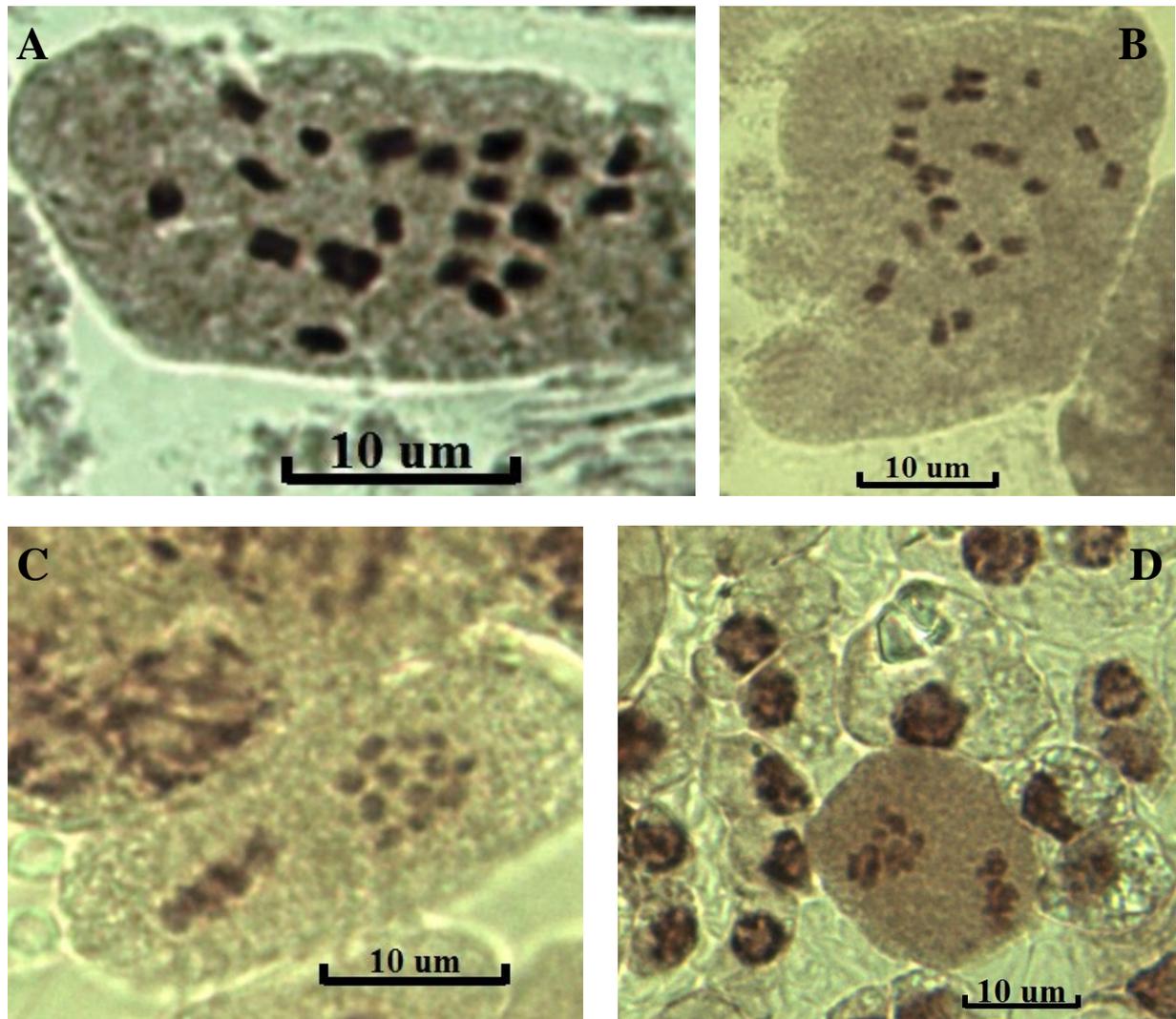
**C, D:** En métaphase II méiotique  $n=12$ .

III- 1- 5- *Silene cucubalus*

**Figure 6:** Dénombrements chromosomiques de *Silene cucubalus*

**A,B:** En mitose  $2n=48$ .

**C,D:** En méiose, les chromosomes ne sont pas bien séparés .

III-1- 6- *Silene secundiflora*

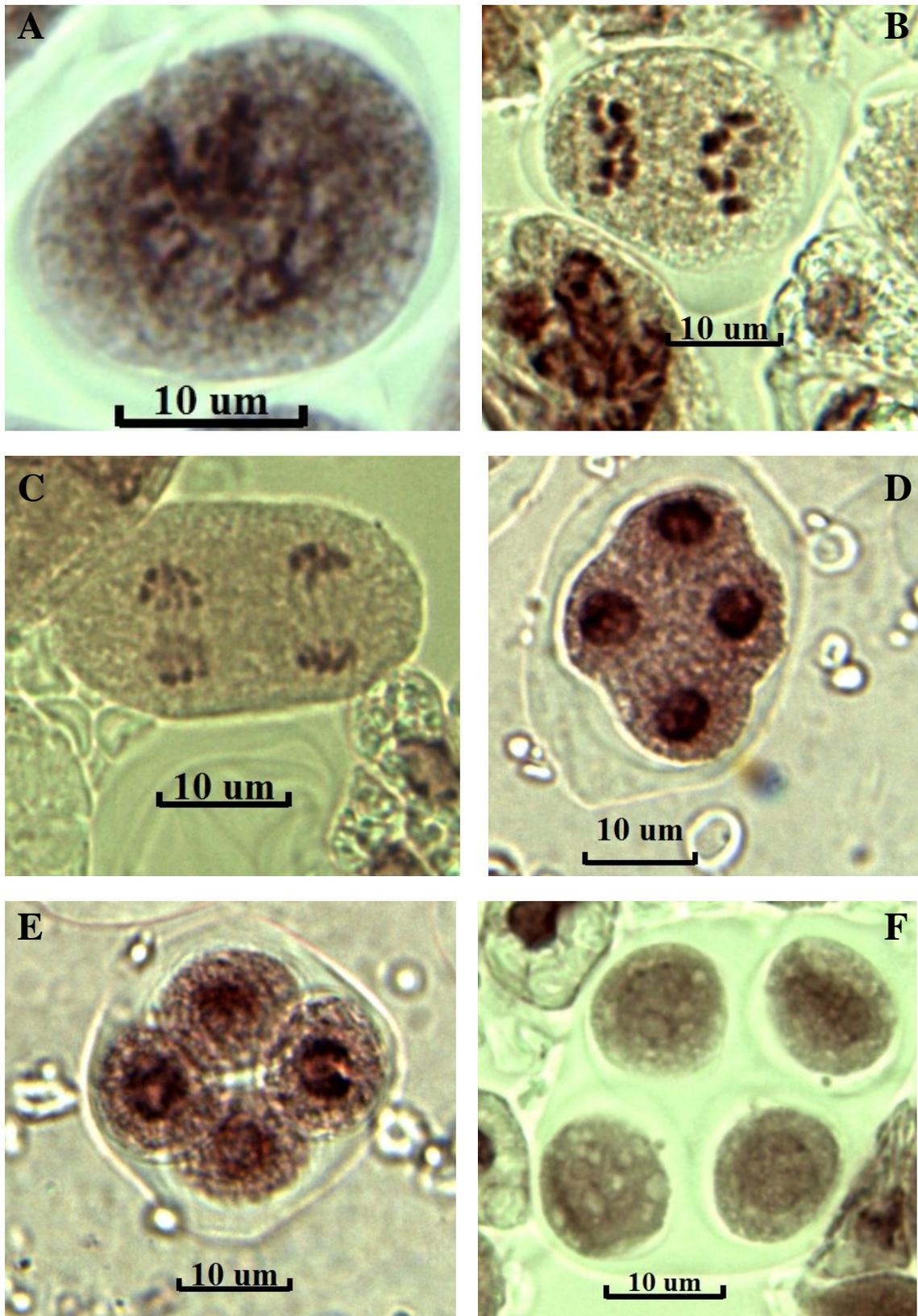
**Figure 7:** Dénombrements chromosomiques de *Silene secundiflora*

A, B: En mitose  $2n=24$ .

C, D: En métaphase II méiotique  $n=12$ .

### III- 2- Les différents stades de la méiose du genre *Silene*

Les différents stades de la méiose sont illustrés par la Figure 8.



**Figure 8:** Les différents stades de la division méiotique du genre *Silene*; **A:** Prophase, **B:** Métaphase II, **C:** Anaphase, **D:** Télôphase, **E:** Fin de télôphase, **F:** Stade tétrade.

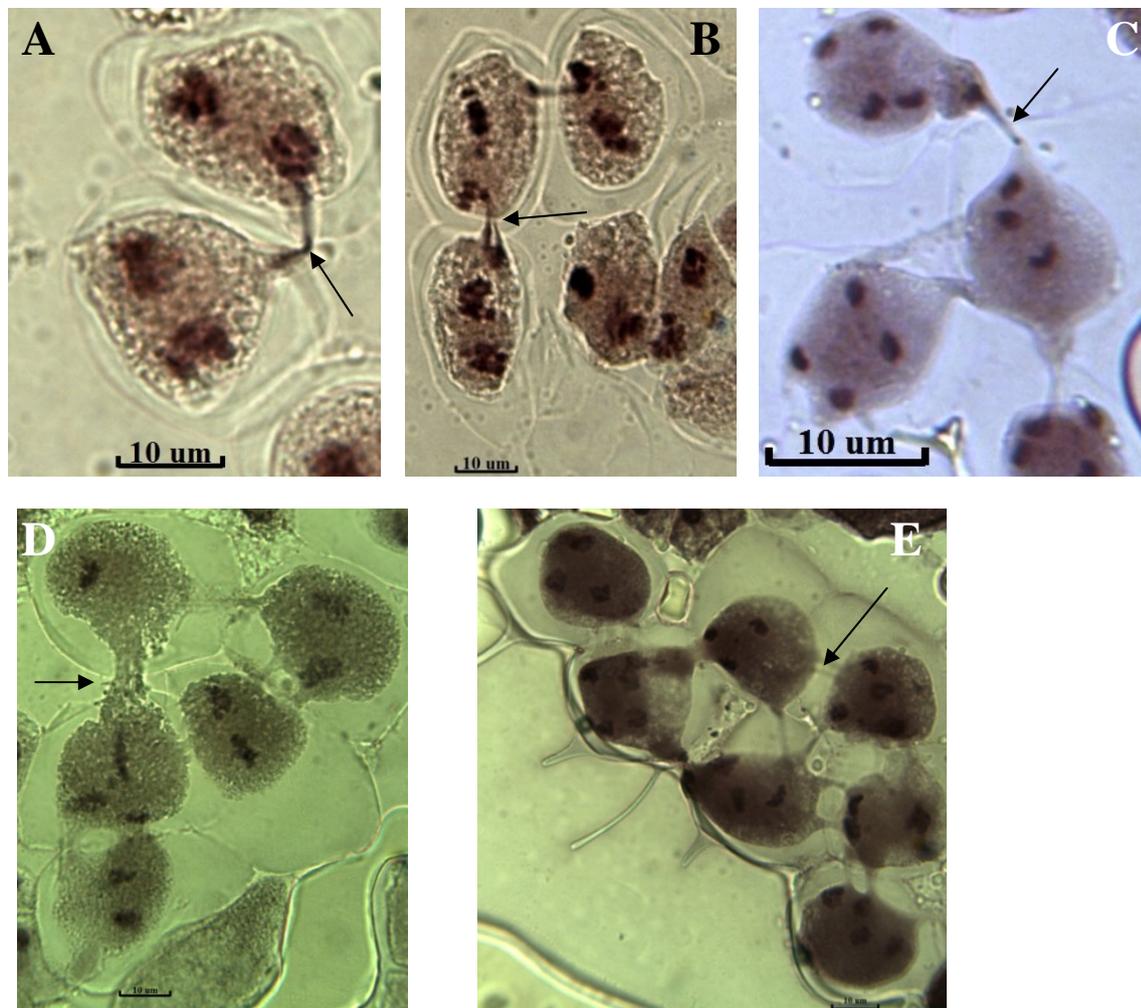
### III- 3- Anomalies de la méiose

#### III- 3- 1- Types d'anomalies

La division méiotique a révélé la présence d'anomalies dont les plus importantes sont la cytomixie (Figure 9), télophases et tétrades anormales (Figures 10-11) et d'autres anomalies comme les micronoyaux, pentades, hexades et octades... (Figure 12).

#### Cytomixie

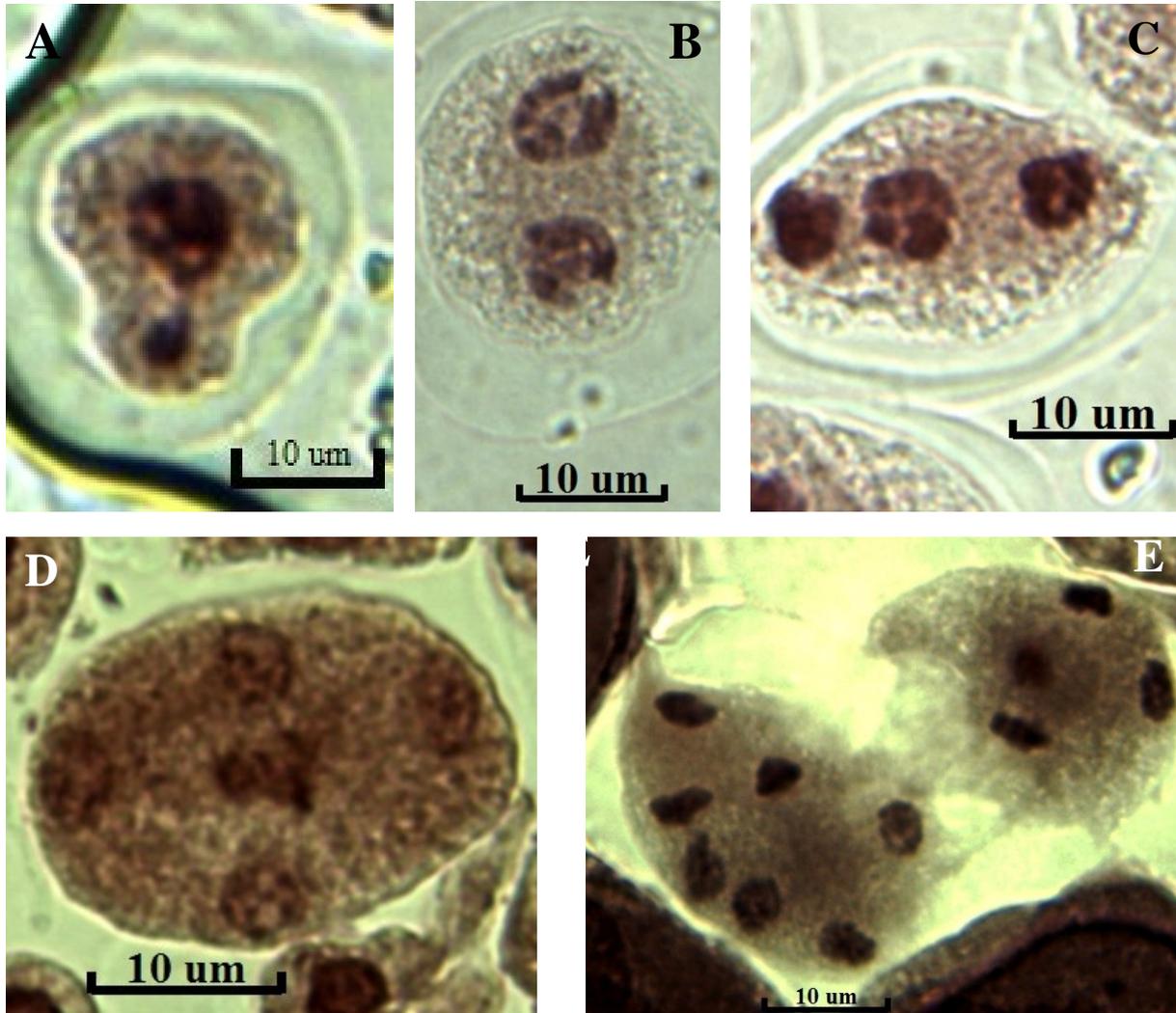
Au cours de l'analyse des cellules mères polliniques des différentes espèces étudiées, nous avons observé des migrations anormales (Cytomixie) entre 2 ou plusieurs cellules (Figure 9).



**Figure 9:** Types de cytomixie dans les cellules mères méiotiques de *Silene* (flèches). **A:** cytomixie entre deux cellules en métaphase II; **B:** cytomixie entre trois cellules en métaphase II; **C:** cytomixie entre 4 cellules en télophase; **D:** Cytomixie entre 5 cellules en métaphase II; **E:** cytomixie entre 7 cellules en télophase.

### Télophase anormales

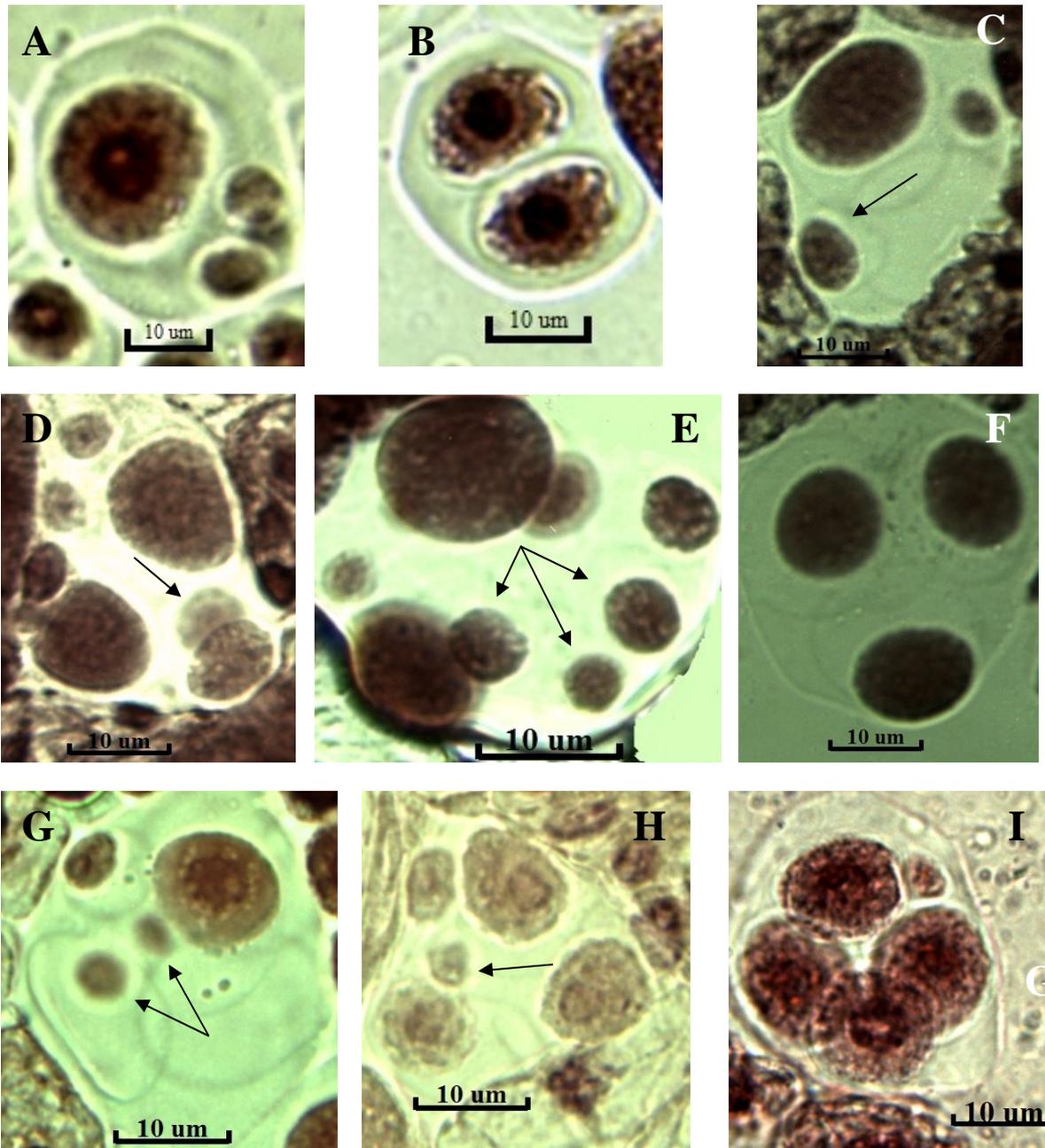
Nous avons observé une anomalie qui survient au stade télophase consistant en des cellules mères polliniques avec un nombre de noyaux variables (Figure 10).



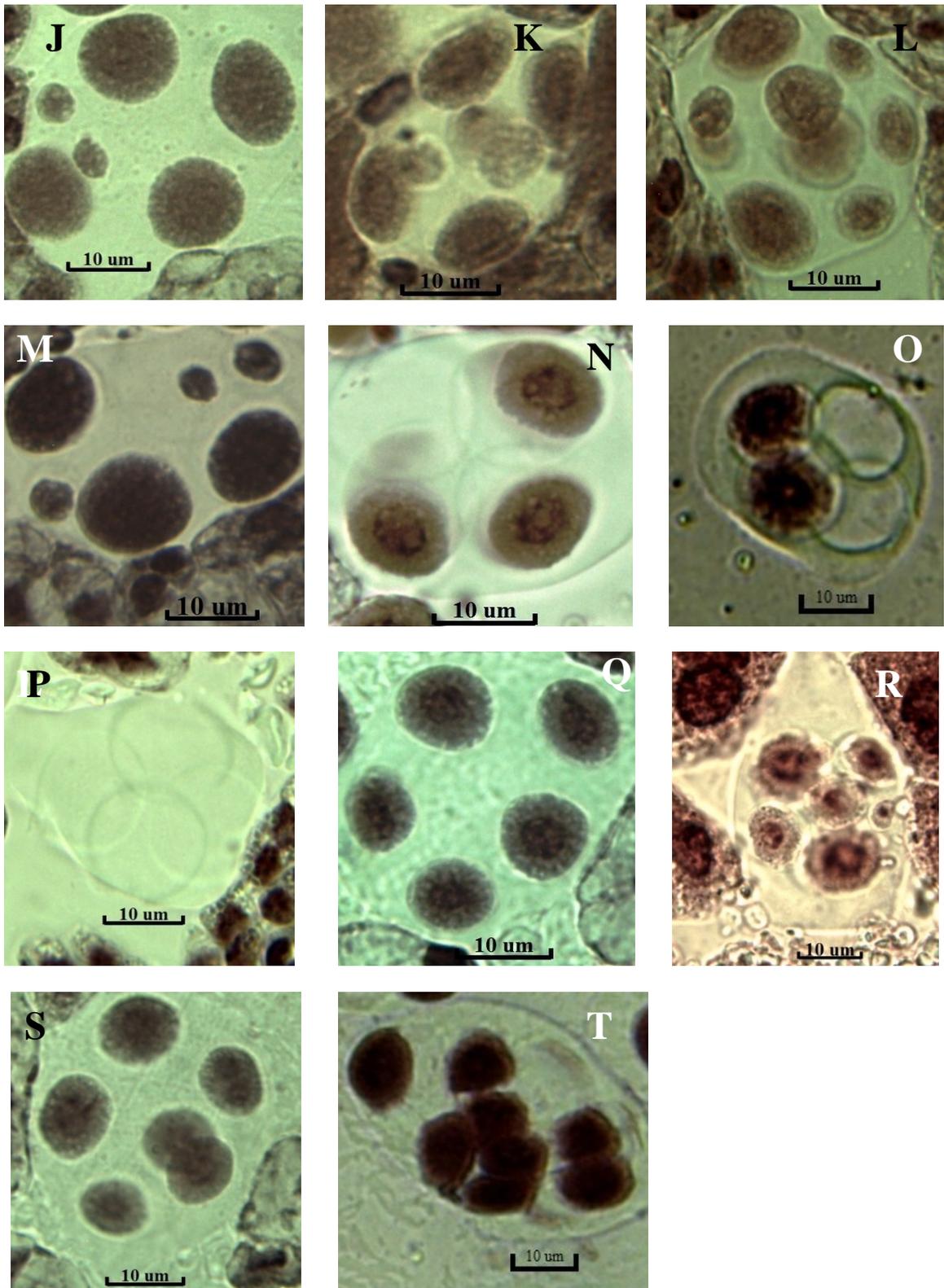
**Figure 10:** Télaphases anormales. **A:** télaphase avec 1 noyau et 1 micronoyau; **B:** télaphase avec 2 noyaux; **C:** télaphase avec 3 noyaux; **D:** télaphase avec 5 noyaux; **E:** télaphase avec 7 noyaux.

### Tétrades anormales

C'est l'anomalie la plus fréquente que nous avons observée chez les espèces étudiées. Elle est caractérisée par une différence de taille et de forme des noyaux. Nous avons visionné des micronoyaux, monades, dyades, triades, pentades, hexades et octades (Figure 11).



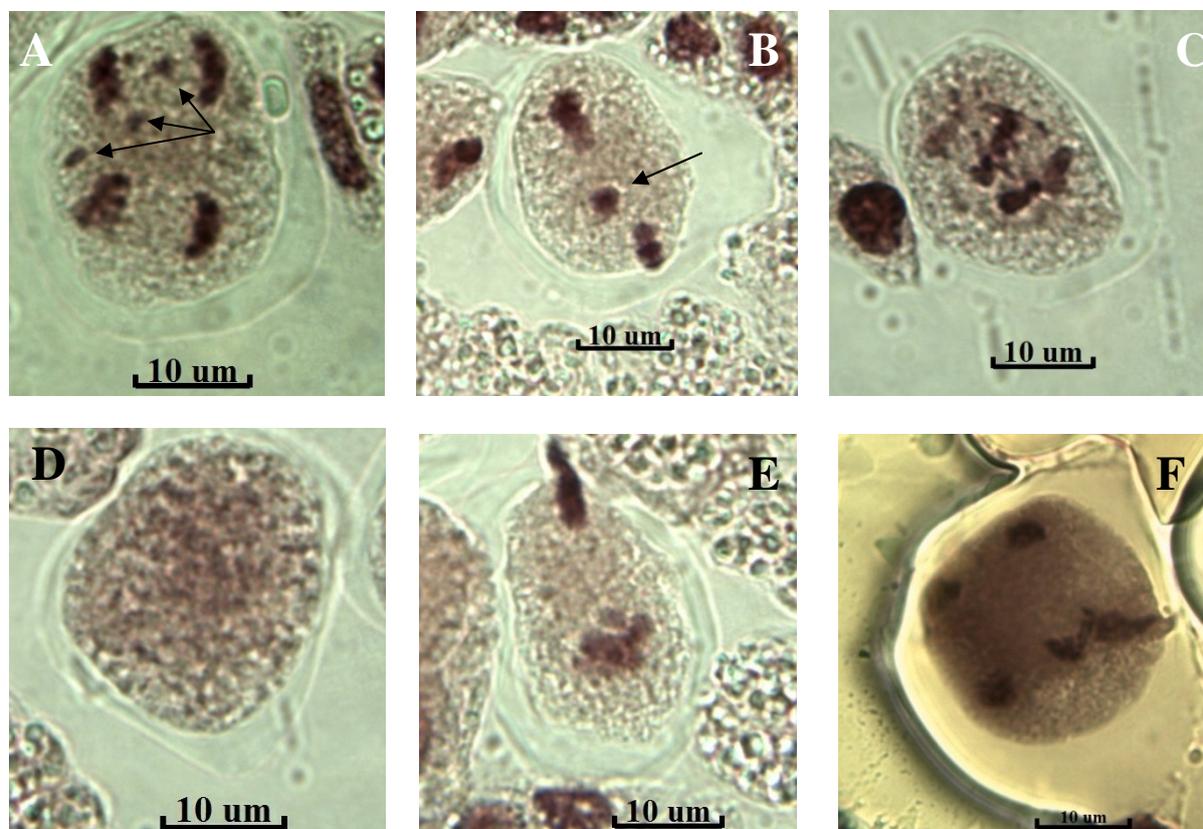
**Figure 11:** Tétrades anormales. **A** : Monade avec 2 micronoyaux (flèche); **B**: Dyade; **C**: Dyade (1 Vide /1 viable) avec 2 micronoyaux; **D**: Dyade avec 5 micronoyaux ; **E** : Dyade avec 6 micronoyaux, **F**: Triade; **G**: Triade (2 vides / 1 viable) avec 3 micronoyaux; **H** : Triades avec 2 micronoyaux; **I**: Tétrade avec 1 micronoyau.



**Suite de la figure 11:** **J:** Tétrade avec 2 micronoyaux; **K:** Tétrade avec 3 micronoyaux; **L:** Tétrade avec 5 micronoyaux; **M:** Tétrade (3 viables / 1 vide) avec 3 micronoyaux; **N:** Tétrade (1 vide/ 3 viables); **O:** Tétrade (2 vide / 2 viable); **P:** Tétrade vide, **Q:** Pentade; **R:** Pentade avec 1 micronoyau; **S:** Hexade; **T:** Octade.

### Autres anomalies

Suite à cette analyse, nous avons aussi observé d'autres types d'anomalies de la méiose durant l'anaphase et la métaphase II (Figure 12).



**Figure 12:** Autres anomalies de la méiose. **A:** Anaphase avec chromosomes retardataires (flèche) ; **B:** Cellule métaphasique avec chromosome retardataire (flèche); **C:** Chromosome agglutiné en métaphase II ; **D:** cellules mères polliniques vides ; **E:** Métaphase II montrant un rejet chromosomique; **F:** Télaphase montrant un rejet chromosomique.

### III- 3- 2- Taux d'anomalies trouvés

Une étude statistique est menée sur le taux d'anomalies trouvés chez les différentes espèces du genre *Silene* étudiées. Les résultats obtenus sont donnée dans le Tableau IV.

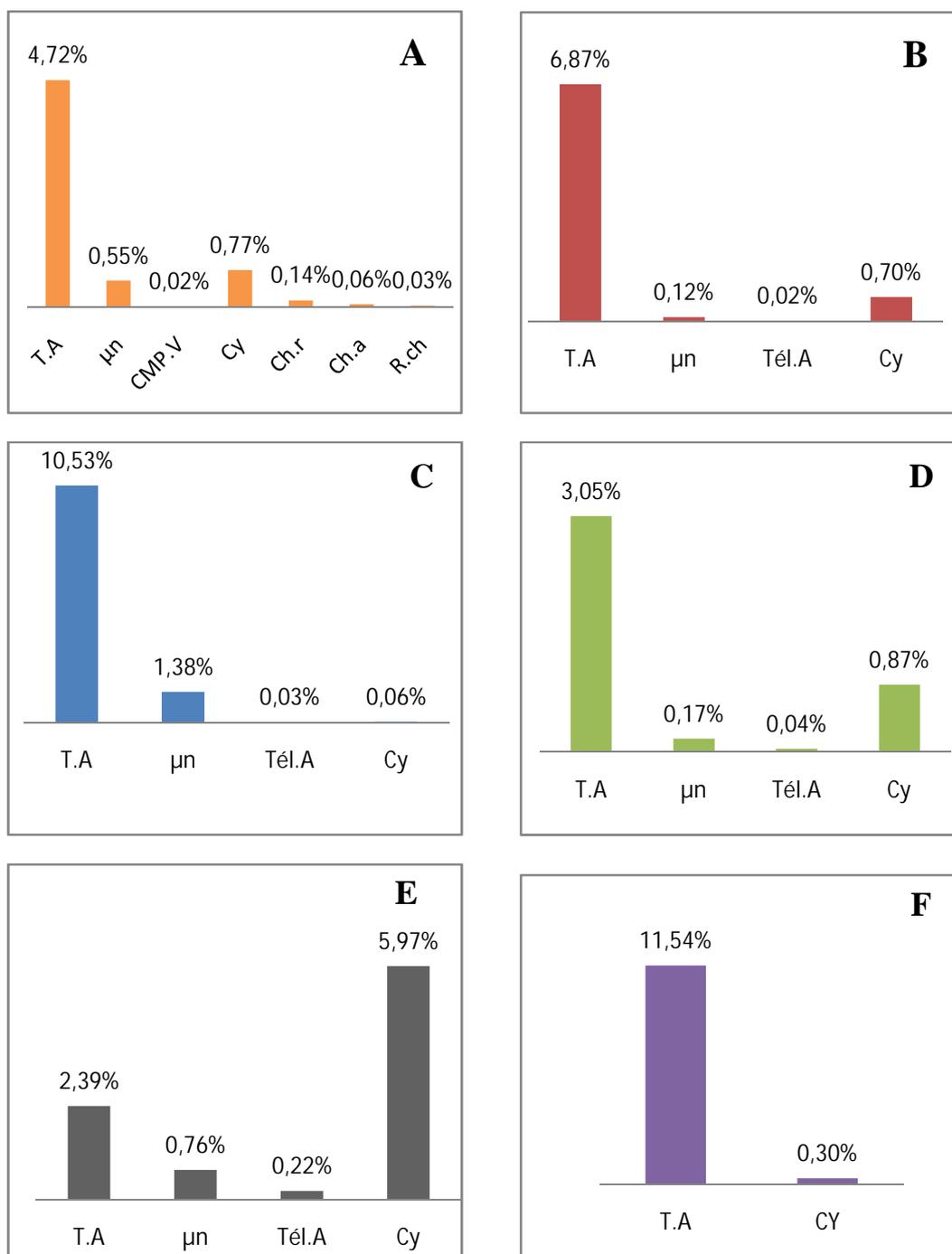
**Tableau IV:** Taux d'anomalies trouvés chez les espèces étudiées.

Espèces	<i>S. mollissima</i>	<i>S. rubela</i>	<i>S. reticulata</i>	<i>S. fuscata</i>	<i>S. secundiflora</i>	<i>S. cucubalus</i>
Stations	Ivaoualen	Bouira Crête rouge	Ain skhoune	Tikjda	Gouraya	Campus Univ Targa Ouzemmour Béjaïa
Dates	06/05/2017	24/02/2018	20/04/2017	24/04/2017	11/04/2018	10/02/2017

Prophases I	-	-	-	347	-	-
Métaphases I	6	188	41	142	54	-
Débuts anaphase I		-	67			-
Anaphases I	195	-	62	2	2	-
Prophases II	-	-	-	-	-	-
Métaphases II	903	306	554	148	119	-
Anaphases II	65	-	-	-	73	102
Télophases II	1371	711	438	1215	63	231
Tétrades normales	3509	1706	1042	1953	575	510
Tétrades (1vide/3viable)	48	115	23	95	91	-
Tétrades (2vides/2viables)	52	55	3	54	24	-
Tétrades (3vides/1viable)	15	11	1	46	-	-
Tétrades + 1 micronoyau	21	16	2	1	-	4
Tétrades + 2 micronoyaux	4	6		1	-	1
Tétrades + 3 micronoyaux	1	1	-	-	-	-
Tétrades + 4 micronoyaux	-	1	-	-	-	-
Tétrades + 5 micronoyaux	-	1	-	-	-	-
Tétrades + 6 micronoyaux	-	1	-	-	-	-
Tétrades vides	18	24		26		
Triades	83	80	39	40	1	15
Triades (1vide/2viable)	18	8	-	10	-	-
Triades (2vides/1viable)	15	2		5	-	-
triades + 1 micronoyau	3	3	2	2	-	2
Triades + 2 micronoyaux	1	1	-	1	-	-
Triades + 3 micronoyaux	-	1	-	-	-	-
Triades + 4 micronoyaux	-	1	-	-	-	-
Triades + 5 micronoyaux	-		-	-	-	-
Triades vides	4		-	-	-	-
Dyades	9	1	-	2	-	-

<b>dyades + 1 micronoyau</b>	-		-	-	-	-
<b>Dyades + 2 micronoyaux</b>	-	<b>2</b>	-	-	-	-
<b>Dyades + 3 micronoyaux</b>	-	<b>4</b>	-	-	-	-
<b>Dyades + 4 micronoyaux</b>	-	<b>3</b>	-	-	-	-
<b>Dyades + 5 micronoyaux</b>	-	<b>1</b>	-	-	-	-
<b>Dyades + 6 micronoyaux</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-
<b>monades</b>	-	-	-	-	-	-
<b>monades + 1 micronoyau</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-	-	-
<b>monades + 2 micronoyaux</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-
<b>Pentades</b>	<b>3</b>	-	-	-	-	-
<b>Pentades + 1 micronoyau</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-	-	-
<b>Pentades + 2 micronoyaux</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-	-	-
<b>Hexades</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-	-	-
<b>Heptades</b>	-	<b>1</b>	-	-	-	-
<b>Octades</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-
<b>Cellule mère vide</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-
<b>Chromosome retardataire</b>	<b>4</b>	-	-	-	-	-
<b>Télophase avec 3 noyaux</b>	-	-	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-
<b>Télophase avec 5 noyaux</b>	-	<b>1</b>	-	-	-	<b>1</b>
<b>Télophase avec 7 noyaux</b>	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<b>Chromosomes agglutinés</b>	<b>9</b>	-	-	-	-	-
<b>rejet chromosomiques</b>	<b>2</b>	-	-	-	-	<b>1</b>
<b>Cytomixie</b>	<b>49</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>3</b>	<b>55</b>
<b>Total</b>	<b>6398</b>	<b>3257</b>	<b>2295</b>	<b>4120</b>	<b>1005</b>	<b>923</b>

Les pourcentages de ces divisions irrégulières (voir l'annexe I et II) sont présentés dans l'histogramme de la Figure 13.



**Figure 13:** Histogrammes des taux d’anomalies trouvés chez les espèces étudiées.

**A:** Pourcentages d’anomalies trouvés chez *S. mollissima* ; **B:** Pourcentages d’anomalies trouvés chez *S. fuscata* ; **C:** Pourcentages d’anomalies trouvés chez *S. rubella* ; **D:** Pourcentages d’anomalies trouvés chez *S. reticulata* ; **E:** Pourcentages d’anomalies trouvés chez *S. cucubalus* ; **F:** Pourcentages d’anomalies trouvés chez *S. secundiflora*.

T.A= tétrades anormales, μn= micronoyaux, tél. A= télophases anormales, Cy= Cytomixies, CMP.V= cellules mères polliniques vides, Ch. r = chromosome retardataire, Ch. a = chromosome agglutiné, R.Ch =Rejet chromosomique.

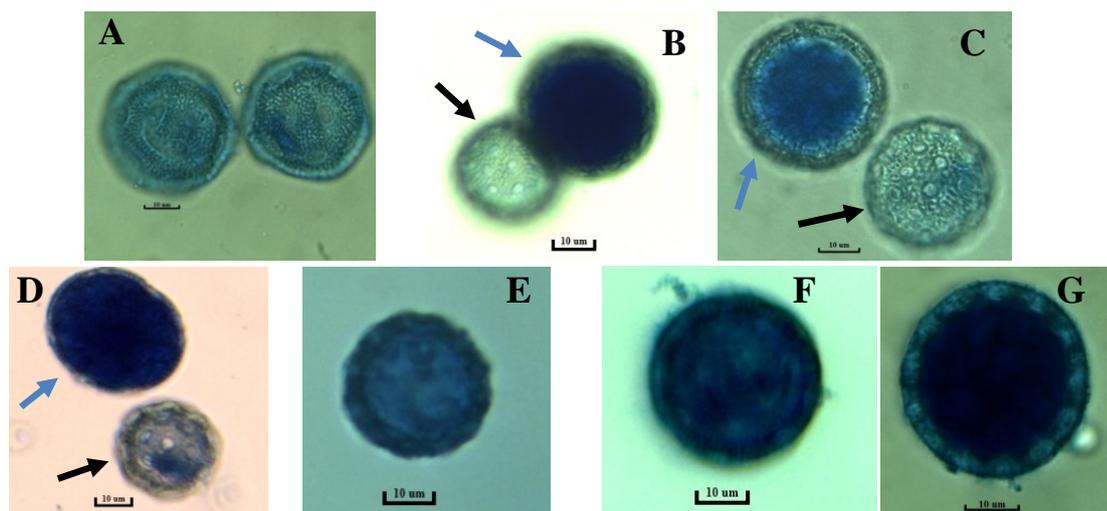
### III- 4- Analyse de la fertilité pollinique:

Les taux de fertilité pollinique estimés sur 5 fleurs de chaque espèce du genre *Silene* étudiées (fleurs choisies au hasard) est représenté dans le Tableau V.

La figure 14, est une photographie qui montre les grains de pollen fertiles et les grains de pollen stériles.

**Tableau V:** Taux de fertilité pollinique (%) chez les espèces de *Silene* étudiées

Espèces	Fleur 1	Fleur 2	Fleur 3	Fleur 4	Fleur 5	Moyenne (%)
<i>S. mollissima</i>	1,16	0,18	0,68	0,66	0	<b>0,41</b>
<i>S. fuscata</i>	95,58	92,89	94,002	79,69	89,80	<b>90,39</b>
<i>S. rubella</i>	98,592	98,364	96,381	96,952	98,525	<b>97,76</b>
<i>S. reticulata</i>	3,42	0,964	0,787	0,232	0,296	<b>1,14</b>
<i>S. cucubalus</i>	1,61	1,37	2,42	0,68	3,52	<b>1,92</b>
<i>S. secundiflora</i>	52,53	49,06	62,66	50,32	71,27	<b>57,17</b>



**Figure 14:** Photographies des grains de pollen des espèces étudiées. **A:** Grain de pollen stérile de *S. mollissima*; **B:** Grains de pollen de *S. fuscata*, flèche noire grain de pollen stérile, flèche bleue grain de pollen fertile. **C:** Grains de pollen de *S. rubella*, flèche noire grain de pollen stérile, flèche bleue grain de pollen fertile. **D:** Grains de pollen de *S. reticulata*, flèche noire grain de pollen stérile, flèche bleue grain de pollen fertile. **E:** grain de pollen stérile de *S. cucubalus*. **F:** Grain de pollen stérile de *S. secundiflora*, **G:** Grain de pollen fertile de *S. secundiflora*.

### III- 5- Discussion

#### III- 5- 1- Dénombrement chromosomiques des espèces étudiées du genre *Silene*

Les études méiotiques et mitotiques faites respectivement sur des boutons floraux et méristèmes racinaires de 6 espèces du genre *silene* ont révélé que ces dernières sont diploïdes avec  $2n = 2x = 24$  avec un nombre de base  $x = 12$ , sauf *S. cucubalus* qui est tétraploïde avec  $2n = 4x = 48$ , mais  $x = 12$  également.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés dans la littérature:

- Fernandes et Leitao (1971 in Talavera et Bocquet, 1976), dans leur étude effectuée sur les plantes portugaises et par Blackburn et Morton (1956) sur des populations des Îles britanniques pour les espèces *S. fuscata* et *S. rubella*.
- Gadella *et al.* (1966) sur des populations de Sagunto valencia (Espagne) et par Chepinoga *et al.* (2009) sur les populations Marocaines pour *S. secundiflora*.
- Nos résultats sur les observations des cellules méristématiques de *S. cucubalus* ont montré que c'est un cytotype tétraploïde d'un nombre chromosomique  $2n = 4x = 48$  ( $x = 12$ ). Ce résultat est en accord avec celui trouvé par Blackburn et Morton (1956) sur les populations portugaises. Dans une étude faite sur des populations des Îles britanniques, les mêmes auteurs ont trouvé  $2n = 2x = 24$ .
- Pour *S. mollissima*, nous avons compté 12 bivalents en méiose et 24 chromosomes en mitose. Il s'agit donc d'un diploïde à  $2n = 2x = 24$ . Ce résultat est similaire à celui présenté dans Rice *et al.* (2015).
- *S. reticulata* est une espèce endémique algéro-marocaine rare. Elle n'a jamais été étudiée. En mitose les chromosomes ne sont pas bien séparés tandis qu'en méiose nous avons eu une bonne plaque métaphasique avec des chromosomes bien séparés où on peut compter  $n = 12$ , Il s'agit donc d'un diploïde à  $2n = 2x = 24$  également.

#### III- 5- 2- Anomalies méiotiques

D'après les résultats obtenus (Figure 13), nous avons remarqué un taux plus élevé de cytomixie chez *S. cucubalus* (5,97%) par rapport aux autres espèces [*S. reticulata* (0,87%), *S. mollissima* (0,77%), *S. fuscata* (0,70%), *S. secundiflora* (0,30%) et *S. rubella* (0,06%)]. La cytomixie peut être causée par des facteurs environnementaux et génétiques (Pagliarini, 2000) dont la polyplôidie comme c'est le cas de *S. cucubalus* qui est tétraploïde avec  $2n = 4x = 48$ .

Une autre anomalie est observée, il s'agit des tétrades anormales qui ont présenté un taux plus élevé par rapport aux autres anomalies: *S. secundiflora* (11,54%), *S. rubella* (10,53%), *S. fuscata* (6,87%), *S. mollissima* (4,72%), *S. reticulata* (3,05%), *S. cucubalu* (2,39%). Selon Bellucci *et al.* (2003), les tétrades anormales peuvent être une conséquence de la cytomixie. La cytomixie interfère négativement avec la fertilité pollinique et avec le potentiel de reproduction (Soodan et Wafai, 1987).

Certaines cellules mères polliniques en télophase ont des nombres de noyaux variables (Figure10). Cette variabilité serait due à une irrégularité du fuseau. A la fin de la méiose, on aura des dyades, triades...etc. Cette anomalie a un impact sur la fertilité pollinique en produisant des grains de pollen de taille différentes (Pagliarini *et al.*, 1992 in Gody *et al.*, 2012).

Les cellules mères polliniques vides ou méiocytes sans chromatine ont été observées chez *S. mollissima*. Selon Bellucci *et al.*, (2003), cette anomalie est probablement due à la perte de la chromatine pendant les divisions méiotiques. La présence de chromosomes agglutinés chez *S. mollissima* avec un taux de 0,06% peut être induite par des facteurs environnementaux et génétiques selon Pagliarini (2000).

Le taux de micronoyaux est plus élevé chez *S. rubella* (1,38%) par rapport à *S. cucubalus* (0,76%), *S. mollissima* (0,55%), *S. reticulata* (0,17%), *S. fuscata* (0,12%). Selon Mendes-Bonato *et al.*, 2001, les micronoyaux peuvent être le résultat d'une ségrégation chromosomique irrégulière.

### III- 5- 3- Analyse de la fertilité pollinique

Après avoir analysé la fertilité pollinique des 6 espèces du genre *Silene*, nous avons observé une variabilité au niveau des taux de cette fertilité pollinique.

La fertilité pollinique élevée de *S. fuscata* (90,39 %) et *S. rubella* (97,76 %) indiquerait que les conditions climatiques et environnementales lui sont adéquates et que son caryotype est stable comme déjà suggéré par son taux de cytomixie faible (0.70%).

Un taux de fertilité pollinique d'une moyenne de 57,17 % est observé chez *S. secundiflora* bien que son taux de cytomixie soit des plus faibles (0.30%). Cette faible fertilité pollinique serait donc à attribuer aux facteurs environnementaux ou autres facteurs génétiques.

Un taux de fertilité pollinique réduit de *S. mollissima* (0,41%) et *S. reticulata* (1,14%) bien que leurs taux de cytomixie soient faibles également (0,77 et 0,87% respectivement). Ici aussi les facteurs environnementaux ou autres facteurs génétiques sont à incriminer également.

De façon générale, la cause de réduction de la fertilité pollinique est à rechercher dans les anomalies méiotiques et les facteurs environnementaux (Bione *et al.*, 2000; Pagliarini, 2000; Mendes-Bonato *et al.*, 2000; Bellucci *et al.*, 2003; Soodan et Wafai, 1987; Pagliarini *et al.*, 1992 in Gody *et al.*, 2012).

Le taux de fertilité de *S. cucubalus* est de 1,92%. Cette réduction pourrait être due aux conditions climatiques au cours desquelles l'échantillonnage a été effectué, et/ou sa polyploïdie puisque nous avons vu plus qu'il s'agissait d'un tétraploïde. L'anomalie qui influencerait beaucoup plus la fertilité pollinique même en conditions environnementales favorables serait la cytomixie qui consiste en la migration du matériel génétique entre les cellules donnant naissance à des cellules mères polliniques avec un matériel génétique réduit ou élevé en ADN, ce qui conduirait à la stérilité du pollen (Bellucci *et al.*, 2003; Mursalimov, 2013; Reis *et al.*, 2016).

Concl usion

## Conclusion et perspective

Six espèces du genre *Silene* (*S. mollissima*, *S. fuscata*, *S. rubella*, *S. reticulata*, *S. cucubalus* et *S. secundiflora*, ont fait l'objet d'une étude cytogénétique classique.

L'analyse de la mitose faite sur des méristèmes racinaires de ces espèces, a montré dans la plupart des cas une bonne séparation des chromosomes en métaphase. Ce qui nous a permis de compter le nombre chromosomique diploïde  $2n=2x=24$  pour toutes les espèces sauf *S. cucubalus* qui est un tétraploïde à  $2n=4x=48$ .

L'analyse de la méiose faite sur des boutons floraux de ces espèces, a montré un nombre chromosomique de  $n=12$  à l'exception de *S. cucubalus* qui a fait part d'une mauvaise séparation des chromosomes. Les principaux stades de la division méiotiques des cellules mères polliniques ont été observés ainsi que les anomalies qui surviennent telles que la cytomixie, les tétrades anormales, les micronoyaux...etc, à des fréquences faibles et variées. La cytomixie: *S. cucubalus* (5,97%), *S. reticulata* (0,87%), *S. mollissima* (0,77%), *S. fuscata* (0,70%), *S. rubella* (0,06%), *S. secundiflora* (0,30%).

Une analyse a été réalisé afin d'estimer le taux de fertilité pollinique de ces six espèces et de pouvoir différencier les grains de pollen fertiles des stériles. Les résultats obtenus ont révélé une variabilité des taux de fertilité: *S. cucubalus* (1,92%), *S. reticulata* (1,14%), *S. mollissima* (0,41%), *S. fuscata* (90,39%), *S. rubella* (97,96%), *S. secundiflora* (57,17%).

En perspective, ce serait intéressant de continuer l'étude de ces espèces sur le plan taxonomique et morphologique, élargir et approfondir les études mitotiques dans le but de la réalisation de caryogrammes pour ces espèces afin de connaître la taille des chromosomes et les études méiotique pour comprendre l'origine des anomalies et leur impact sur la fertilité pollinique.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

- Andrien J. (1894). *Flore de la région de Constantine*. Canstantine: Louis Marle (Nicolas Audrino, Gérant). 49 p.
- Atzazadeh N., Keshavarzi M., Sheidai M. & Gholipour A. (2014). Morphological and karyotype diversity in populations of four *Silene* species (*Caryophyllaceae*). *Acta Biologica Szegediensis*, 58 (1): 27-37.
- Bari E.A. (1973). Cytological studies in the genus *Silene* L. *New phytol*, 72: 833-838.
- Bass H. W., Bordoli S. J. & Foss E. M. (2003). The desynaptic (dy) and desynaptic 1(dsy1) mutations in maize (*zea mays* L.) cause distinct telomere-misplacement phenotypes during meiotic prophase. *Journal of experimental Botany*. 54 (380): 39 – 46.
- Battandier et Trabut (1902). *Flore Analytique et Synoptique De l'Algérie et de la Tunisie*. Alger : Vve Geralt. 55 p.
- Bellucci M., Roscini C. & Mariani. (2003). Cytomixis in pollen mother cells of *Medicago sativa* L. *Journal of Heredity*, 94 (6): 512-516.
- Bernard M. & Bernard S. (1992). Développement et application des techniques de coloration différentielle des chromosomes chez les végétaux: caryotypes et structures chromosomiques, identification des espèces et relations phylétiques. *Société Française de Génétique*, 8 (3): 1.
- Bione N. C. P., Pagliarini M. S. et Toledo J. F. F. D. (2000). Meiotic behavior of several Brazilian soybean varieties. *Genetics and Molecular Biology* , 23 (3): 623-631.
- Blackburn K. B. & Morton J. K. (1956). The incidence of polyploidy in the caryophyllaceae of Britain and Portugal. *New phytologist*, 56 (3): 344-351.
- Chepinoga V., Gnutikov A., Enushchenko I. V. et Rosbakh S. A. (2009). *IAPT/IOPB chromosome data 8. Marhold*, 58 (4): 1281-1289.
- Cromer L. (2013). *Etude de deux régulateurs de l'APC/C et de leurs rôles dans le contrôle du cycle cellulaire et de la cohésion lors de la méiose chez Arabidopsis thaliana*. Thèse pour obtenir le grade de docteur en Sciences. Université Paris- Sud XI : Ecole doctorale science du végétal.
- De Candolle A. P. (1824). *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. Paris: Sumptibus Sociorum Treuttel et Würtz. 367 p.
- Dobignard A. & Chatelain C. (2011). *Index synonymique de la flore d'Afrique du nord*. Genève : Éditions des conservatoires et jardin botaniques. Volume 3.

- Draghia L., Chelariu E.L., Cîrbu C., Brânza M., & Miculschi C.S. (2013). Analysis chromosome number in some *Allium* and *Silene* wild species with ornamental use. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41 (1): 294-300.
- Dupont F., & Guignard, J. L. (2012). *Botanique: Les familles des plantes*. Elsevier Masson SAS.
- Dyer A. F. (1963). The use of lacto-Propionic Orcein in Rapid Squash. Methods for chromosomes preparations. *Stain technology* 38: 85-90.
- Eggens F. (2006). Systematics in *Sileneae* (*Caryophyllaceae*)—Taxonomy and Phylogenetic patterns. Doctoral dissertation . *Acta Universitatis Upsaliensis*, 251: 37.
- Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A. & El Oualidi J. (1999). *Flore Pratique Du Maroc ,Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae - Neuradaceae)*.Travaux de l'Institut Scientifique série Botanique Rabat : 36.Volume 1.
- Gadella Th. W. J., Kliphuis., E. & Mennega E. A. (1966). Chromosome numbers of some flowering plants of Spain and S. France. *Acta Botanica Nterlandica*, 15 (2): 484-489.
- Gaulden M. E. (1987). Hypothesis: some mutagens directly alter specific chromosomal proteins (DNA topoisomerase II and peripheral proteins) to produce chromosome stickiness, which causes chromosome aberrations. *Mutagenesis*, 2 (5): 357-365.
- Ghasemi F.S., Jalili,A., Mirzadeh Vaghefi, S.S., & Ashrafi, S. (2015). Chromosome numbers for *Ranunculus Dolosus* and *Silene conoidea* from Iran. *Iran. J. Bot.*, 21 (1): 61-63.
- Gholipour A., & Sheidai M. (2010). Further contribution to cytotaxonomy of the genus *Silene* L. (Sect. *Auriculatae*, *Caryophyllaceae*). *Biologia*, 65 (1): 23-27.
- Godoy S. M. d., Pereira A. R. A., Romagnolo M. B., & Risso-Pascotto C. (2012). Meiotic behavior during microsporogenesis of *Alchornea triplinervia* (Sprengel) Müller Argoviensis. *Ciência Rural*, 42 (6): 1027-1032.
- Horlow, C., & Doutriaux M. P. (2003). Les mécanismes moléculaires de la méiose chez les plantes. *médecine/sciences*, 19 (6-7): 717-723.
- Jahier J., Chever A. M., Eber F., Delourne R., & Tanguy A. M. (1992) .Techniques de la cytogénétique végétale. *Edition. INRA, Paris*183.
- Judd W. S., Campbell C.S., Kellogg E. A., & Stevens P. (2002). *Botanique systématique: une perspective phylogénétique*. Paris: De Boeck Supérieur 1 édition. 240- 243p.

- Kruckeberg A. R. (1954). Chromosome numbers in *silene* (caryophyllaceae): I. *California Botanical Society*, 12 (8): 238-246.
- Love R. M. (1938). Somatic variation of chromosome numbers in hybrid wheats. *Genetics*, 23: 517-522.
- Löve A. & Löve D. (1975). Plants chromosomes, T 1. *Edition Cramer*. 184 p.
- Maire R. (1963). *Flore de l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara)*. Paris: Ed. Paul Lechevalier. Volume 10, 229 p.
- Mertens T. R. & Hamnersmith R. L. (1998). Genetic laboratory investigations. Eleventh edition. Prentice hall inc; Upper Saddle River, *New Jersey*, 275 p.
- Martin E., Duran A., Dinç M., & 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., Valle C. B. D. et Penteadó M. I. D. O. (2001). A severe cause of chromosome stickiness in pollen mother cells of *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf (Gramineae). *Cytologia*, 66 (3): 287-291.
- Mursalimov S. R., Sidorchuk Y.V. & Deineko E.V. (2013). New insights into cytomeiosis: Specific cellular features and prevalence in higher plants. *Planta*, 238 (3): 415-423.
- Ozenda, P. (1991). *Flore et végétation du Sahara*. Paris: CNRS, 3<sup>ème</sup> édition.
- 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.
- Soodan A. S. & Wafai B. A. (1987). Spontaneous Occurrence of Cytomeiosis during Microsporogenesis in Almond (*Prunus amygdalus* Batsch) and Peach (*P. persica* Batsch). *Cytologia*, 52: 361-364.
- Quézel P. & Santa S. (1962, 1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Paris: CNRS. 2 Volume. 1170 p.
- Rahou A. & Amssa M. (2003). Essai d'une synthèse d'affinité des espèces du genre *Silene* L. au Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, (25): 43-51.
- Rameau J. C., Mansion D., Dumé J., Timbal J., Lecointe, A., Dupont P. & Keller R. (2008). *Flore forestière française, guide écologique illustré*. Paris : IDF. Volume 1. 734 p.
- Reis A. C., Sousa S. M. & Viccini, L. F. (2016). High frequency of cytomeiosis observed at zygotene in tetraploid *Lippia alba*. *Plant systematics and evolution*, 302 (1): 121-127.
- Rice *et al.* (2015). The Chromosome Counts Databases (CCDB) - a community resource of plant chromosome numbers. *New phytol*, 206 (1): 19-26. Consulter le 11 /05/2018.

- Sheidai M. & Fadaei F. (2005). Cytogenetic studies in some species of *Bromus* L., section Genea Dum. *Journal of Genetics*, 84 (2): 189- 194.
- Sheidai M., Nikoo M. & Gholipour, A. (2008). Cytogenetic variability and new chromosome number reports in *Silene* L. species (Sect. Lasiostemones, Caryophyllaceae). *Acta Biologica Szegediensis*, 52 (2): 313-319.
- Sheidai M., Bahmani F., Enayatkhani M., & Gholipour A. (2009). Contribution to cytotaxonomy of *Silene*: chromosome pairing and unreduced pollen grain formation in sec. Sclerocalycinae. *Acta Biologica Szegediensis*, 53(2): 87-92.
- Sheidai M., Koohdar F., Tabaripoor R., Karapetian J., Gholipoor A., et Noormohammadi Z. (2011). Cytology in *Silene*: From population diversity to section classification. *Acta Biologica Szegediensis*, 55 (1): 27-39.
- Talavera S., & Bocquet G. (1976). Notas sobre el genero *silene* L. en espana. II. Numeros cromosomicos de las especies espanolas (excepto sect.scorpioideae (Rohrb.) Chowdhuri Y *S. Vulgaris* (Moench) Gark). *Lagascalía*, 6 (1): 101-116.
- Talavera S. (1979). Revision de La sect. Erectorefractae Chowdhuri del genero *Silene* L. *Lagascalía*, 8 (2): 135-164.
- Tani C. K., Le Bourgeois T. & Munoz F. (2009). Aspects floristiques de la flore des champs du domaine phytogéographique oranais (Nord-Ouest algérien) et persistance d'espèces rares et endémiques. *Flora Mediterranea*, 20: 5-22.
- Vaucher, J. P. (1841). *Histoire et physiologie des plantes d'Europe ou exposition des phénomènes qu'elles présentent dans les diverses périodes de leur développement*. Paris : librairie de marc aurel frères. volume1. 357 p.
- Véla E., & Benhouhou S. (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes rendus biologiques*, 330 (8): 589-605.

**Annexe I:** Pourcentages des divisions irrégulières de *S. mollissima*, *S. rubella*, *S. reticulata*.

Espèces	<i>S. mollissima</i>		<i>S. rubella</i>		<i>S. reticulata</i>	
Total de cellules analysées	<b>6398</b>		<b>3257</b>		<b>2295</b>	
Anomalies	N.C	%	N.C	%	N.C	%
Tétrades anormales	302	4.72%	343	10.53%	70	3.05%
Micronoyaux	35	0.55%	45	1.38%	4	0.17%
Cellules mères vides	1	0.02%	-	-	-	-
Chromosomes retardataires	4	0.06%	-	-	-	-
Chromosomes agglutinés	9	0.14%	-	-	-	-
Cytomixies	49	0.77%	2	0.06%	20	0.87%
Rejet chromosomique	2	0.03%	-	-	-	-
Télophases anormales	-	-	1	0.03%	1	0.04%
Total d'anomalies	402	6,28	391	12	95	4,13

**Annexe II:** Pourcentages des divisions irrégulières de *S. fuscata*, *S. cucubalus*, *S. secundiflora*.

Espèces	<i>S. fuscata</i>		<i>S. secundiflora</i>		<i>S. cucubalus</i>	
Total de cellules analysées	<b>4120</b>		<b>1005</b>		<b>922</b>	
Anomalies	N.C	%	N.C	%	N.C	%
Tétrades anormales	283	6.87%	116	11.54%	22	2.39%
Micronoyaux	5	0.12%	-		7	0.76%
Cytomixies	29	0.70%	3	0.30%	55	5.97%
Télophases anormales	1	0.02%	-		2	0.22%
Total d'anomalies	318	7,71	119	11,84	86	9,33

## Analyse cytogénétique de quelques espèces du genre *Silene* L. (Caryophyllacées) dans le Nord-Est Algérien

**Résumé:** Une analyse cytogénétique a été réalisée sur six espèces du genre *Silene* dans le Nord- Est Algérien: *S. mollissima*, *S. fuscata*, *S. rubella*, *S. cucubalus*, *S. secundiflora*, *S. reticulata* (espèce étudiée pour la première fois). Les résultats obtenus ont montré que la majorité de ces espèces sont diploïdes à  $2n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ) sauf *S.cucubalus* qui est tétraploïde à  $2n = 4x = 48$ . Certaines anomalies méiotiques ont été observées telles que la cytomixie, les chromosomes agglutinés, les chromosomes retardataires, rejets chromosomiques, télophase anormales, tétrades anormales et les micronoyaux mais à des fréquences faibles. L'analyse de la fertilité pollinique a indiqué un taux élevé de fertilité chez *S. Fuscata* (90,39%), *S. rubella* (97,76%), et un faible taux chez *S. mollissima* (0,41%), *S. reticulata* (1,14%) et *S. cucubalus* (1,92%).

**Mots clés:** *Silene*, nombres chromosomiques, anomalies méiotiques, fertilité pollinique.

## Cytogenetic analysis of some species of the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) in Northeastern Algeria

**Abstract:** A cytogenetic analysis was performed on six species of the genus *Silene* in northeastern Algeria: *S. mollissima*, *S. fuscata*, *S. rubella*, *S. cucubalus*, *S. secundiflora*, *S. reticulata* (species studied for the first time). . The results obtained showed that the majority of these species are diploid at  $2n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ) except *S.cucubalus* which is tetraploid at  $2n = 4x = 48$ . Some meiotic abnormalities have been observed such as cytomixia, Agglutinated chromosomes, late chromosomes, chromosomal rejections, abnormal telophase, abnormal tetrads and micronuclei but at low frequencies. The analysis of pollen fertility indicated a high rate of fertility in *S. Fuscata* (90.39%), *S. rubella* (97.76%), and a low rate in *S. mollissima* (0.41%), *S. reticulata* (1.14%) and *S. cucubalus* (1.92%).

**Key words:** *Silene*, chromosome numbers, meiotic abnormalities, pollen fertility.

## التحليل الوراثي الخلوي لبعض أنواع الجنس *Silene* L. (Caryophyllaceae) في شمال شرق الجزائر

**ملخص:** أجري تحليل خلوي على ستة أنواع من جنس السيلينيوم في شمال شرق الجزائر الأنواع (*S. mollissima*, *S. fuscata*, *S. rubella*, *S. cucubalus*, *S. secundiflora*, *S. reticulata*) التي تم دراستها لأول مرة. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن غالبية هذه الأنواع ثنائية الصبغيات وقد لوحظت بعض  $n = 4x = 48$  عند  $2n = 4x = 48$  وهو *S.cucubalus* باستثناء  $n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ) في 2 ، الكروموسومات المجمع ، الكروموسومات المتأخرة ، الرفض الكروموسومي *cytomixia* التشوهات الخلقية مثل ، ولكن على ترددات منخفضة. أظهر تحليل خصوبة *micronuclei* غير طبيعية و *tetrads* ، الطور غير الطبيعي ، ومعدل منخفض في (*S. rubella* 97.76% ) ، (*S. Fuscata* 90.39% ) حبوب اللقاح ارتفاع معدل الخصوبة في *S. cucubalus* (1.92%) و *S. reticulata* (1.14%) ، *S. mollissima* (0.41%) .

**كلمات مفتاحية:** الأعداد الصبغية والكروموسومية والشذوذات الخلقية وخصوبة اللقاح