

*République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de L'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique, Université A. MIRA – Bejaïa*



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

Réf :

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

**Etude des mitoses et des méioses chez quelques taxons du
genre *Lysimachia* L. (Primulacées) d'Algérie**

Présenté par :

FERROUDJ DEHIA & GANA IMENE

Soutenu le : 18 juin 2023

Devant le jury composé de :

Mme Rahmani-Berboucha M.	MAA	Examinatrice
M. Sahnoune M.	Professeur	Promoteur
Melle Benmouhoub H.	MAA	Co-Promotrice
Mme Ouahmed H.	MCB	Présidente

Année 2022 / 2023

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes parents :

Je tenais à vous dédier ces quelques mots pour vous remercier du fond du cœur. Vous m'avez guidée et soutenue à chaque étape de ma vie. Votre amour et votre soutien m'ont permis de grandir, de devenir la personne que je suis aujourd'hui. Je ne pourrai jamais vous remercier assez pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mon frère et ma sœur :

Sofiane, Tinehinane, Je tiens aujourd'hui à vous dédier ces quelques mots pour vous dire à quel point vous comptez pour moi.

A mon binôme :

IMENE au fil de ces 5 dernières années, je t'es eu à mes côtés, tu es devenue une sœur.

A mes cousines :

Thiziri, Mylene qui m'ont soutenue tout au long de mes études, merci d'être là, à mes côtés.

A mes enseignants :

Je tiens à vous dédier ces quelques mots pour vous remercier de l'impact que vous avez eu sur ma vie. Vous êtes plus qu'un(e) enseignant(e) pour moi, vous êtes des mentors, un modèle et une source d'inspiration. Grâce à vous, j'ai appris à dépasser mes limites, à croire en mes capacités et à explorer mes passions. Vous avez été un guide précieux dans ma formation et mon développement personnel.

Au personnel du laboratoire

A madame Benmouhoub, madame Zemouri, madame Belkacem, merci à vous de nous avoir aidées à réaliser ce travail.

A mes ami(e)s :

A Arezki, Hanine, Harone, Assia, Katia, Zahra et Nicette, vous avez été là pour moi dans les moments de joie et de peine, dans les succès et les échecs. Vous m'avez soutenue, écoutée et encouragée, sans jamais me juger ni me critiquer. Avec tout mon amour et mon affection.

Dehia

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes parents

Je tiens à vous dédier ces quelques mots pour vous rendre hommage et vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour moi. Vous êtes les piliers de ma vie, mes modèles et mes guides. Vous m'avez aimée, éduquée et soutenue tout au long de ma vie, avec patience, bienveillance et dévouement. Vous avez été là pour moi dans les moments de bonheur et de tristesse, dans les succès et les échecs. Je suis fière de vous avoir comme parents, et je suis reconnaissante pour tout ce que vous avez fait pour moi. Vous êtes des parents formidables, aimants, attentionnés et dévoués.

A ma sœur et à mon frère jumeau

Sabrina et Fouad, Vous êtes des personnes remarquables, intelligentes, courageuses et généreuses. Vous m'inspirez et m'encouragez à être la meilleure version de moi-même. Vous êtes des frères et sœurs formidables, et je suis fière de vous avoir comme membres de ma famille.

A mes chers ami(e)s

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

A mes enseignants

Vous m'avez inspirée, motivée et encouragée à aller plus loin, à explorer des domaines qui m'intéressent et à développer mon potentiel. Vous avez été des modèles de dévouement, de passion et de compétence. Je veux que vous sachiez que vous avez eu un impact énorme sur ma vie, et que je ne vous oublierai jamais. Vous êtes des enseignants formidables, engagés, passionnés et compétents

A tous ma Famille

Et tous ceux qui m'aiment...

Imene

Remerciements

Nous remercions Dieu Tout Puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

À notre encadrant, M. Sahnoune Mohamed, nous vous sommes reconnaissantes pour votre patience et votre guidance tout au long de notre projet. Votre expertise dans le domaine nous a permis d'approfondir nos connaissances et de développer une meilleure compréhension des sujets abordés afin de réussir notre mémoire.

À notre Co-encadrante, Mme Benmouhoub Hassina, nous tenons à vous exprimer notre sincère gratitude pour votre précieuse contribution à notre travail. Votre expertise complémentaire, votre sens aigu de l'organisation et vos commentaires constructifs ont grandement amélioré la qualité de notre mémoire. Nous sommes vraiment reconnaissantes d'avoir pu bénéficier de votre soutien tout au long de cette aventure académique.

De même, nous tenons à vivement remercier madame Zemouri Tassadit et madame Belkacem Farida pour leurs contributions précieuses à encadrer de ce travail.

Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance envers Mme Ouahmed Hania d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Enfin, nous souhaitons remercier chaleureusement Mme Rahmani Meriem d'avoir accepté d'examiner et évaluer notre mémoire.

Nous sommes profondément reconnaissantes envers chacun(e) d'entre vous pour votre contribution, essentielle à notre mémoire de fin de cycle. Votre engagement et votre soutien indéfectible ont été des éléments clés de notre parcours académique, et nous sommes honorées d'avoir eu l'opportunité de travailler avec vous.

Encore une fois, je vous adresse mes plus sincères remerciements pour votre aide précieuse et votre influence positive dans la réussite de notre mémoire.

Table de matières

Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	II
Tableau des abréviations.....	III
Introduction.....	1
I- Synthèse bibliographique	2
I-1. La famille des Primulaceae	2
I-2. Le genre <i>Lysimachia</i>	2
I-2-1- Description morphologique du genre <i>Lysimachia</i>	2
I-2-1-1- Description morphologique de <i>Lysimachia arvensis</i>	2
I-2-1-2- Description morphologique de <i>Lysimachia monelli</i>	4
I-2-2- Distribution et écologie du genre <i>Lysimachia</i>	5
I-2-3- Position systématique du genre <i>Lysimachia</i>	5
I-2-4- Le genre <i>Anagallis</i> et <i>Lysimachia</i> en Algérie.....	5
I-2-5- Nombres chromosomiques du genre <i>Lysimachia</i>	6
I-3- Cytogénétique végétale.....	6
1-3-1- La mitose chez les plantes	6
1-3-2- La méiose chez les plantes.....	7
1-3-3- Les anomalies de la méiose chez les plantes	9
II. Matériel et méthodes	11
II-1. Lieu et durée de stage pratique	11
II-2. Zone d'échantillonnage.....	11
II-3. Réalisation des herbiers	12
II-4. Étude de la méiose	13
II-4-1. Préparation des solutions.....	13
II-4-2. Étapes de la préparation des observations de méiose.....	15
II-5. Etude de la mitose.....	16
II-5-1. Préparation des solutions.....	16
II-5-2. Étapes de la préparation de la mitose	16
II-6. Étude de la fertilité pollinique et la taille des grains de pollen.....	17
II-6-1. Analyse de la fertilité pollinique	17
II-6-2. Taille des grains de pollen.....	19
III. Résultats et discussion	20
III-1. Dénombrement chromosomique	20
III-1-1. <i>Lysimachia arvensis</i>	20
III-1-2. <i>Lysimachia monelli</i>	23
III-1-3. Résumé des résultats sur les dénombrements chromosomique.....	24

III-2. Anomalies des méioses.....	25
III-2-1. Anomalies observées chez <i>Lysimachia arvensis</i>	25
III-2-2. Anomalies observées chez <i>Lysimachia monelli</i>	26
III-3. Quelques phases de la mitose observées au niveau des racines et méristèmes caulinares pour <i>L. arvensis</i>	27
III-4. Etude de la fertilité pollinique et de taille des grains de pollen.....	27
III-4-1. Analyse de la fertilité pollinique	27
III-4-2. Taux de fertilité pollinique selon la taille et la couleur des fleurs chez <i>L. arvensis</i> et chez <i>L.</i> <i>Monelli</i>	28
III-5. Synthèse.....	30
III-6. Etude de la taille des grains de pollen	31
Conclusion	36
Références bibliographiques	37
Résumé	

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau I : Tableau des abréviations	III
Tableau II : Nombres chromosomiques de quelques espèces du genre <i>Lysimachia</i>	5
Tableau III : Localisation géographique, types et dates de récolte du matériel végétal.	11-12
Tableau IV : Résultats des dénombrements chromosomiques des 12 populations de <i>Lysimachia arvensis</i> et des 3 populations de <i>L. monelli</i> .	24
Tableau V : Taux de fertilité pollinique (%) chez les différentes populations de <i>Lysimachia arvensis</i> :	28
Tableau VI : Taux de fertilité pollinique (%) chez <i>Lysimachia monelli</i> à fleurs blues	29
Tableau VII : Taille des grains de pollen en fonction des types de fleurs et nombres chromosomiques.	31-32

Liste des figures

Figure 01 : Morphologie de <i>Lysimachia arvensis</i>	03
Figure 02 : Morphologie de <i>Lysimachia monelli</i>	04
Figure 03 : Scan d'individu complet de <i>Lysimachia arvensis</i> à fleur bleue et à fleur orange	13
Figure 04 : Scan d'individu complet de <i>Lysimachia arvensis</i> à fleur mauve et à fleur rose	13
Figure 05 : Scan d'individu complet de <i>Lysimachia monelli</i> à fleur bleue	14
Figure 06 : Dénombrement chromosomique chez <i>L. arvensis</i> GFB	20
Figure 07 : Dénombrement chromosomique chez <i>L. arvensis</i> MFB	21
Figure 08 : Dénombrement chromosomique chez <i>L. arvensis</i> PFB	21
Figure 09 : Dénombrement chromosomique chez <i>L. arvensis</i> PFO	22
Figure 10 : Dénombrement chromosomique chez <i>L. arvensis</i> PFR	22
Figure 11 : Dénombrement chromosomique chez <i>L. arvensis</i> PF Mauve.....	23
Figure 12 : Dénombrement chromosomique chez <i>L. monelli</i>	23
Figure 13 : Différentes anomalies observées chez <i>L. arvensis</i>	25
Figure 14 : Différentes anomalies observées chez <i>L. monelli</i>	26
Figure 15 : Différents stades de la mitose observés au niveau des racines et du méristème caulinaire chez <i>L. arvensis</i>	27
Figure 16 : Aspect des grains de pollen fertile et stérile chez <i>L. arvensis</i> et <i>L. monelli</i>	27
Figure 17 : Nuage de points ACP comparant le pollen de <i>L. arvensis</i> et <i>L. monelli</i>	33
Figure 18 : Nuage de points ACP comparant le pollen de <i>Lysimachia</i> à $2n=20$ et celui à $2n=40$	33
Figure 19 : Nuage de points donné par une ACP comparant le pollen des populations étudiés en fonction de la couleur de la fleur	34
Figure 20 : Nuage de points donné par une ACP comparant le pollen des populations étudiés en fonction de la taille de la fleur	34

Tableau des abréviations

Abréviation	Définitions
GFB	Grande Fleur Bleue
MFB	Moyenne Fleur Bleue
PFB	Petite Fleur Bleue
PFO	Petite Fleur Orange
PFR	Petite Fleur Rose
PFM	Petite Fleur Mauve
FB	Fleur Bleus
APG	Angiosperm phylogeny group

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'Algérie, due à sa position géographique et à sa grande diversité de biotopes, recèle 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).

Le genre *Lysimachia* appartient à la famille des Primulaceae, il comprend environ 150 à 180 espèces. Ce sont des plantes vivaces, annuelles ou rarement arbustives. Les Primulaceae sont l'une des six familles de plantes à fleurs qui se caractérisent par la présence généralisée plutôt qu'occasionnelle d'une auto-incompatibilité hétéromorphe (Talavera *et al*, 2001).

Il présente une large distribution mondiale et principalement méditerranéenne (Eggens, 2006). Ce genre est caractérisé par une certaine hétérogénéité en termes de morphologie et il regroupe plusieurs espèces issues de différents genres (Anderberg *et al*, 2007).

Plusieurs études cytogénétiques ont été faites dans le monde sur le genre *Lysimachia*. Ces dernières ont révélé que la majorité de ses espèces sont diploïdes (Sverepova, 1970 ; Malallah *et al*, 2001).

Malgré la diversité du genre *Lysimachia*, peu d'étude ont été menées sur celui-ci en Algérie. De ce fait, nous nous sommes proposés de mener cette étude pour contribuer à la connaissance cytogénétique sur *L. arvensis* (avec ses différents taxons liés à la couleur de la fleur) et *L. monelli* (taxon à fleurs bleues) dans différentes localités de la région de Béjaïa et de Bouira

L'objectif de ce travail est d'observer les différents stades de la méiose et de la mitose, de déterminer les différentes anomalies méiotiques, de dénombrer les chromosomes, et d'évaluer la fertilité pollinique et la taille des grains de pollen chez les populations des populations étudiées.

Le présent travail est structuré en trois parties. La première partie concernera une synthèse bibliographique sur le genre *Lysimachia* en général. La seconde partie portera sur le matériel d'étude et les méthodes appliquées. Dans la troisième partie, nous exposons les résultats obtenus et leurs interprétations puis nous terminons par une conclusion générale et des perspectives.

I. Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique

I-1. La famille des Primulaceae

La famille des Primulaceae comprend environ 1000 espèces réparties dans 28 genres, classées en 5 tribus en fonction de la symétrie des fleurs et de la position de l'ovaire. La plupart des Primulaceae sont des plantes vivaces qui peuvent avoir des rhizomes (comme les lysimaques et les primevères) ou des tubercules (comme les cyclamens). Les Primulaceae cultivées sont souvent appréciées pour leurs fleurs ornementales. Les Primulaceae sont présentes tant dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud. Cette famille fait partie des six familles de plantes à fleurs qui se distinguent par la présence généralisée, plutôt que sporadique, d'une auto-incompatibilité hétéromorphe. L'auto-incompatibilité hétéromorphe est un mécanisme de reproduction dans lequel les plantes évitent la fécondation croisée entre des individus portant des types d'allèles semblables. (Talavera *et al*, 2001).

I-2. Le genre *Lysimachia*

I-2-1. Description morphologique du genre *Lysimachia*

Le genre *Lysimachia* comprend approximativement 150 à 180 espèces. Ce sont des plantes vivaces, annuelles ou occasionnellement arbustives, qui produisent des fleurs solitaires à l'aisselle des feuilles supérieures, soit en panicules, soit en racèmes, parfois regroupées en têtes. Les corolles sont généralement blanches ou jaunes, mais peuvent rarement être roses, rouges, bleues ou verdâtres. Elles sont composées de cinq lobes (exceptionnellement 3 ou 6-9). Le calice est formé de cinq lobes profondément découpés. Les étamines ont des filaments d'anthères libres ou soudés en un anneau ou un tube à la base, et sont plus ou moins adnées au tube de la corolle. Les anthères peuvent être basifixes, dorsifixes ou polyvalentes, s'ouvrant par des pores apicaux ou des fentes latérales. Les feuilles sont alternes, opposées, voire parfois verticillées, et généralement entières. Les capsules sont subglobuleuses, s'ouvrant par des valves unies et se séparant avec un couvercle, mais peuvent également être rares, se désintégrer ou rester indéhiscentes. (Manns *et al*, 2009).

I-2-1-1. Description morphologique de *Lysimachia arvensis*

L. arvensis est connue sous les noms de mouron des champs, mouron rouge, mouron écarlate Morgeline, Lêwidlehmar, Âïn El-Fellous (Fennane *et al.*, 1999 ; Lópezet *al.* 2011 ; Roche, 2012). C'est une espèce méditerranéenne, annuelle et auto-compatible qui s'autopollinise automatiquement avec la fermeture nyctémérale de leurs pétales (Talavera *et al.* 2001 ; Francisco *et al.* 2022). Elle est caractérisée par une tige de 10-30 cm de haut, quadrangulaire, courte, ailée sur les crêtes, généralement ramifiée à partir de la base, et une racine fibreuse. Les feuilles sont opposées, parfois en verticilles de trois, sessiles, ovales à étroitement ovales, apex obtus ou aigu, base subarrondie. La fleur est à corolle régulière de 8-14mm de large, à 5 pétales soudés à la base. Les lobes du calice sont linéaires-lancéolés. La corolle est de couleur bleue ou rouge, bord entier à denticulé. Le fruit est une capsule d'environ 3,5 mm de diamètre (Figure 1) (Xu *et al.*, 2017).

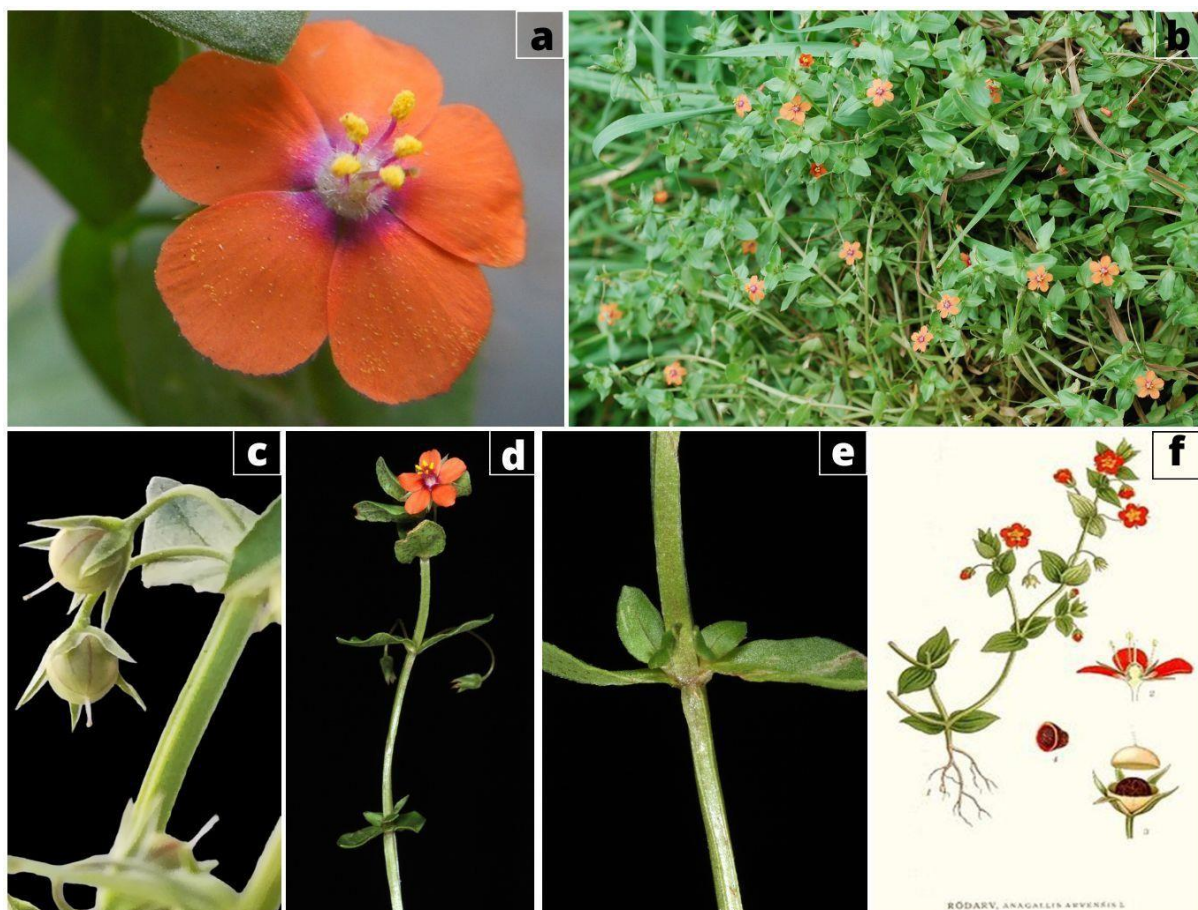


Figure 1 : Morphologie de *Lysimachia arvensis*. **A**. Forme de la fleur. **B** : Individu en fleurs ; **C** : Forme des fruits mûrs ; **D** : Fleur et feuille de *L. arvensis*. ; **E** : Tige et pédicelles quadrangulaires de *L. arvensis* ; **F** : schéma de la morphologie de *L. arvensis* (Naturalista, (s.d.)).

I-2-1-2. Description morphologique de *Lysimachia monelli*

L.monelli ou le mouron bleu est une plante vivace, éphémère à tige ramifiée, dressée. Ses feuilles sont opposées ou verticillées, étroitement lancéolées. Les fleurs sont actinomorphes, pentamères axillaires et solitaires, elles sont caractérisées par leur mouvement de nyctinastie. Le pédicelle est plus long que les feuilles, courbées à la fructification. Le calice est composé de cinq sépales soudés à la base. La corolle est de 15-25mm de diamètre, rayonnante, bleuâtre, parfois rougeâtre ; le fruit est une pyxide de 4-6 mm de diamètre. *L. monelli* est cultivée annuellement, et elle est ornementale, elle est auto incompatible et la pollinisation chez cette espèce est assurée par des visiteurs pollinisateurs (Figure 2) (Blanca *et al*,2009 ; Talavera *et al*, 2001 ; Freyre, 2007).

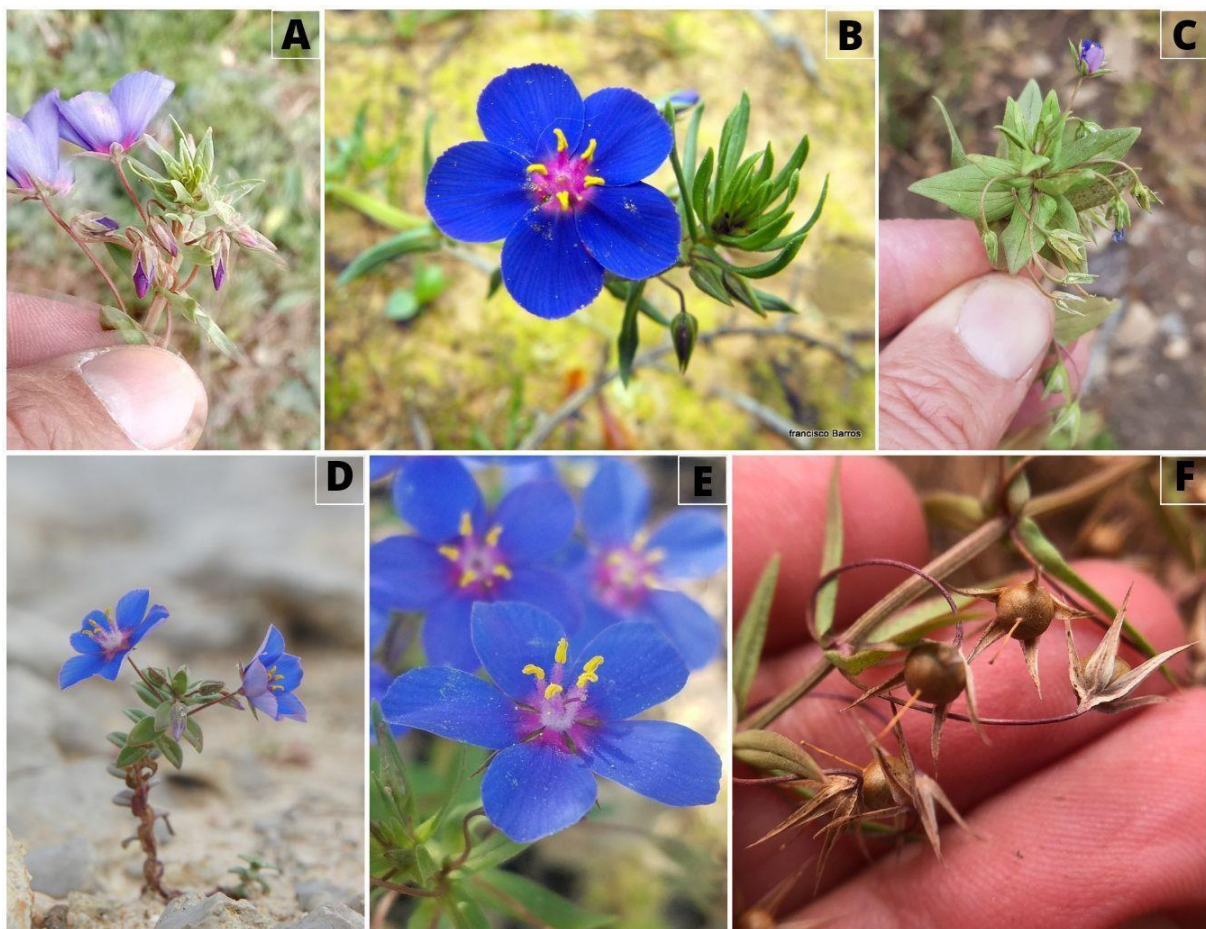


Figure 2 : Morphologie de *Lysimachia monelli*. **A** : **Forme** des sépales ; **B** : **Les** anthères et le style ; **C** ; **Forme** de la tige et les feuilles ; **D** : Individu en fleurs ; **E** : **Forme** de la fleur ; **F** : **Forme** des fruits murs. (Naturalista. (S.d.)).

I-2-2. Distribution et écologie du genre *Lysimachia*

Les espèces du genre *Lysimachia* sont distribuées dans les zones tempérées et subtropicales de l'hémisphère nord, ainsi que dans certaines régions montagneuses tropicales. La majorité des espèces de ce genre poussent en Chine mais avec quelques espèces en Afrique, Australie et Amérique du Sud (Liu *et al*, 2014).

Nous les rencontrons dans différents habitats comme les bords des rivières, les terrains marécageux, lieux humides, dans les forêts et sur les bords de routes (Baskose *et al*, 2016).

I-2-3. Position systématique du genre *Lysimachia*

Les analyses phylogénétiques récentes, basées sur les études morphologique et moléculaire, ont abouti au transfert de la tribu *Lysimachieae* dans la famille des Myrsinaceae (APG II, 2003), mais dans la nouvelle classification APG III (2009), le genre *Lysimachia* est incorporé dans la famille des Primulaceae.

D'après les analyses phylogénétiques récentes basées sur les études morphologique et moléculaire, le genre *Anagallis* est à incorporer dans le genre *Lysimachia* (Manns et Anderberg, 2005 ; Anderberg *et al*, 2007 ; 2009).

I-2-4. Le genre *Anagallis* et *Lysimachia* en Algérie

D'après Dobignard (2013), les espèces des genres *Anagallis* et *Lysimachia* en Algérie sont les suivantes :

1) *Anagallis monelli* L. = *Lysimachia monelli* (L.) U. Manns&Anderb

SpA. *Collina* Schousb

SpA. *linifolia* L.

2) *Anagallis arvensis* L. = *Lysimachia arvensis* (L.) U. Manns&Anderb

SpA. *parviflora* (Hoffmanns. & Link) Arcang

SpA. *latifolia* L.

SpA. *platyphylla* Baudo

SpA. *caerulea* L.

SpA. *phoenicea* Gouan

3) *Anagallis tenella* L. = *Lysimachia tenella* (L.) U. Manns&Anderb

4) *Anagallis minima* (L.) E.H.L. Krause = *Lysimachia minima* (L.) U. Manns&Anderb

- 5) *Lysimachia cousiniana* Coss.
- 6) *Lysimachia vulgaris* L.
- 7) *Lysimachia linum- stellatum* L.
- 8) *Lysimachia tyrrhenia* U. Manns&Anderb. = *Anagallis crassifolia* Thore.

I-2-5- Nombres chromosomiques du genre *Lysimachia*

Les nombres chromosomiques de quelques espèces du genre *Lysimachia* sont résumés dans le tableau I ci-dessous.

Tableau II : Nombres chromosomiques de quelques espèces du genre *Lysimachia*

Espèces	Nombre de chromosomes	Références
<i>L. linum-stellatum</i> L.	2n= 20 ; n= 10	(Rice <i>et al.</i> 2014)
<i>L. vulgaris</i> L.	2n= 42, 56 et 84	(Ferguson, 1972)
<i>L. tenella</i> L.	2n= 22 ; n= 11	(Bedini, 2007)
<i>L. minima</i> (L) E.H.L Krause	2n= 22 ; n= 11	(Rice <i>et al.</i> 2014)
<i>L. monelli</i> (L.) Manns&Andreb	2n= 20; n= 10	(Sverepova, 1968)
<i>A. collina</i> Schousb.	2n= 40; n= 20	(Sverepova, 1968)
<i>A. linifolia</i> (L.) Jahand&Maire	2n= 20 ; n= 10	(Sverepova, 1968, 1970)
<i>L. arvensis</i> (L.) Manns&Andreb	2n= 40; n= 20	(Sverepova, 1968, 1970)
<i>A. parviflora</i> Hoffmanns&Link	2n= 20; n= 10	(Sverepova, 1968, 1970)

Lysimachia monelli a été signalé comme étant une espèce diploïde à $2n = 2x = 20$ ($x=10$) (Sverepova, 1968 ; 1970 ; Talavera *et al*, 2001 ; Freyre *et al*, 2004 ; Quintana, 2008).

I-3. Cytogénétique végétale

La cytogénétique fait le lien entre la cytologie et la génétique, son domaine est très vaste. Elle consiste avant tout à l'étude des chromosomes au cours de la mitose et de la méiose par des techniques classiques mais aussi par des techniques plus récentes. La cytogénétique contribue à la compréhension des mécanismes héréditaires ainsi que la phylogénie et la taxonomie des espèces (Jahier *et al*,1992).

I-3-1. La mitose chez les plantes

La mitose est un processus de la division cellulaire qui permet la division du noyau d'une cellule en 2 noyaux diploïdes génétiquement identiques. Elle se déroule en 4 phases (Cromer, 2013).

- **La prophase** : le matériel génétique (ADN), présent dans le noyau sous forme de chromatine, se condense en structures ordonnées et individualisées appelées chromosomes. Chacun d'eux se compose de deux chromatides identiques portant la même information génétique. A la fin de cette phase, l'enveloppe nucléaire disparaît.

- **La métaphase** : accrochés par leurs centromères, les chromosomes à deux chromatides s'alignent dans la cellule au niveau de la plaque équatoriale, perpendiculaire au fuseau mitotique.

- **L'anaphase** : en se rétractant, les fuseaux mitotiques provoquent la séparation des chromatides qui migrent chacune en sens opposé vers un pôle de la cellule.

- **La télophase** : les chromatides, nouveaux chromosomes de chaque cellule fille, commencent à se décondenser et redeviennent différenciables sous forme de chromatine. En même temps, l'enveloppe nucléaire se reconstitue à partir du réticulum et le fuseau mitotique se dépolymérise totalement. Les deux noyaux sont maintenant bien séparés.

I-3-2. La méiose chez les plantes

La méiose a pour conséquence la répartition du contenu diploïde d'un génome eucaryote dans quatre cellules filles haploïdes sans synthèse d'ADN intermédiaire. Par ce processus, elle permet également le brassage génétique essentiel à la diversité des espèces. La méiose est une succession de deux divisions de cellules reproductrices. Ces divisions passent par plusieurs processus très coordonnés durant le cycle cellulaire après l'interphase. Elle a deux divisions (Terret *et al.* 2008) : la division réductionnelle et la division équationnelle.

a. Division réductionnelle

Les différents stades de la division réductionnelle sont :

- **Prophase I** : La prophase de la première division de la méiose (prophase I) est l'étape la plus longue et la plus complexe puisqu'elle représente 90% de la durée totale de la méiose (Armstrong et Jones 2003 in Mieulet *et al.*, 2017). Sa durée varie d'une espèce à l'autre. Elle est le siège de profonds changements de l'état chromatinien. La prophase I se

divise en cinq stades nommés chronologiquement : leptotène, zygotène, pachytène, diplotène et diacinèse.

• **Métaphase I** : En métaphase I, les bivalents se déplacent vers le plan équatorial de la cellule et le fuseau achromatique se forme. Le fuseau achromatique est formé de microtubules et de nombreuses protéines associées. Les chromosomes s'alignent sur la plaque métaphasique et sont attachés aux microtubules par leurs kinétochores.

• **Anaphase I** : Lors de l'entrée en anaphase I, les chiasmata sont résolus et la cohésion entre les bras chromosomiques des homologues est levée, excepté au niveau des centromères où les protéines Shugoshin (SGO1, SGO2) (Kitajima *et al*, 2004 in Mieulet *et al.*, 2017) et Patronus chez *Arabidopsis thaliana* (Cromer *et al*, 2013) ainsi que les kinétochores protègent la cohésion des chromosomes (Gomez *et al*, 2007 ; Ishiguro et Watanabe, 2007 ; Watanabe, 2005 in Jullian *et al*, 2010).

• **Télophase I** : En télophase I, le fuseau méiotique disparaît, chaque groupe de chromosomes est maintenant arrivé près d'un pôle. La cytokinèse a lieu à ce stade, et produit deux cellules filles. Il n'y a pas de nouvelle réplication de l'ADN avant la prophase II. Cependant, chez certaines espèces (cas des Monocotylédones), il existe une interphase (appelée intercinèse) où les chromosomes se décondensent et des membranes se forment autour de l'ADN pour former des noyaux. Chez d'autres espèces, les deux cellules filles après la télophase I se préparent immédiatement à la seconde division méiotique (Chen *et al*, 2005 in Mieulet *et al*, 2017).

b. Division équationnelle

Cette division est une suite à la division réductionnelle sans réplication préalable de l'ADN. A la suite de la première division de méiose, l'activité du MPF (Maturation Promoting Factor ou Mitosis Promoting factor) chute brutalement à cause de la dégradation de la cycline B. Cependant, cette dégradation n'est pas complète, et la cycline B reste à une concentration suffisante pour maintenir une faible activité du MPF, essentielle pour empêcher un nouveau cycle de réplication de l'ADN.

Cette division comporte la métaphase II, l'anaphase II et la télophase II, elle ne fait intervenir que n chromosomes. A la fin de cette division, il y a quatre cellules haploïdes génétiquement recombinaées (Laberche, 2010).

I-3-3. Les anomalies de la méiose chez les plantes

Les principales irrégularités (anomalies) de la méiose rencontrée chez les plantes sont :

- **La cytomixies** : Il s'agit de la migration de matériel cytoplasmique ou nucléaire entre les cellules adjacentes. Le matériel génétique quitte la zone centrale de la cellule, se rapproche d'une des parois et passe à la cellule voisine par des canaux intercellulaires d'un type spécial et différents des plasmodesmes dits « canaux cytométriques » (Mursalimov *et al*, 2015).

- **Les univalents** : Au cours de la diacinèse et de la métaphase I, les chromosomes homologues s'associent en bivalents, mais une mutation notamment au niveau des protéines *Asy1* et *Spo11* qui se traduit par l'absence de chiasma, affectant le processus synaptique (complexe synaptoménal), provoque la formation d'univalents. Il peut y avoir « asynapsis » lorsqu'il y a un manque d'appariement des chromosomes à la fin de la prophase I et « synapsis » lorsqu'il y a dislocation des homologues synapsés en raison de leur incapacité à conserver les chiasmata formés. Ainsi, il y a formation d'univalents (Ricci *et al.*, 2007 et Koduru et Rao, 1981 in Calisto *et al*, 2008).

- **Les multivalents** : Pendant la diacinèse et la métaphase I, la translocation non homologue et la formation d'un chiasma terminal entraînent des anomalies aboutissant à l'association de plus de deux chromosomes (trivalents, quadrivalents, pentavalents et hexavalents). Ces multivalents pourraient entraîner la production de gamètes aneuploïdes, et donc une baisse de fertilité ou une stérilité complète (Ramsey *et al*, 2002 ; Kaur *et al*, 2016).

- **Les chromosomes retardataires** : A l'anaphase I ou à la télophase I, un chromosome est classé comme retardataire s'il demeure sur la plaque équatoriale et ne rejoint pas les pôles alors que les autres chromosomes sont correctement séparés (Singhal *et al*, 2018). Il n'existe pas de définition standardisée du décalage anaphasique. Ainsi, certains considèrent un chromosome comme retardataire uniquement s'il reste immobilisé dans l'interzone, non inclus dans l'un ou l'autre des noyaux fils, devenant un micronoyau. D'autres, définissent un retardataire par sa position anaphasique par rapport aux chromosomes non retardataires, quel que soit son sort final (Gupta *et al*, 2017).

II. Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

II-1. Lieu et durée de stage pratique

Ce travail a été réalisé au niveau du Laboratoire d'Ecologie et Environnement de l'Université Abderrahmane Mira à Bejaïa. Ces travaux ont duré trois mois.

II-2. Zone d'échantillonnage

Le matériel végétal (boutons floraux, racines, méristèmes caulinares) est originaire de différentes régions des deux localités Béjaïa et Bouira. Le Tableau II ci-dessous présente les populations, la date et le lieu de récolte.

Tableau III : Localisation géographique, types et dates de récolte du matériel végétal.

Espèce	Localisation géographique	Caractéristiques	Date de récolte	Repères GPS	Matériel végétal utilisé
<i>Lysimachia Arvensis</i>	Targa Ouzemmour (Bejaia)	Petite fleur rose	08/05/2022	36°42'14.09"N 5°26'.29"E	Racines, apex Caulinaires
		Petite fleur orange	30/05/2022		Apex Caulinaires
		Grande fleur bleue	30/05/2022		Racines
		Petite fleur bleue	14/06/2022		Boutons floraux
		Petite fleur rose	07/04/2023		
		Petite fleur orange	07/04/2023		
	Tabelout Aokas (Béjaïa)	Petite fleur bleue	01/04/2023	36°37'59"N 5°13'50"E	
	Petite fleur orange				
	Aboudaou (Béjaïa)	Grande fleur bleue	12/04/2023	36°32'55.02"N 5°40'13.17"E	Boutons floraux
		Petite fleur mauve			
		Petite fleur bleue	14/04/2023		
	Amizour (Béjaïa)	Petite fleur bleue	08/07/2022	36°39'47.36"N 4°54'52.85"E	Racines
	Boulimat (Béjaïa)	Petite fleur orange	10/05/2023	36°48'55"N 4°59'21"E	Bouton floraux

II. Matériel et Méthodes

	Taghzouth (Béjaïa)	Petite fleur bleue	01/07/2022	36°45'14.62"N 5°1' 23.16"E	Racines, apex caulinaires
	Bouira (Bouira)	Petite fleur bleue	07/04/2023	36°23'51"N 3°53'07"E	Bouton floraux
		Moyenne fleur bleue			
	Ighzer Amokrane (Béjaïa)	Petite fleur bleue	08/04/2023	36°32'01"N 4°35'26"E	Bouton floraux
	Ait m'Barek	Grande fleur bleue	12/05/2023	36°31'21.57"N 5°16'23.72"	Bouton floraux
<i>Lysimachia monelli</i>	Ait m'Barek	Fleur bleue	11/05/2023	36°31'21.57"N 5°16'23.72"	Bouton floraux
	Semaoun	Fleur bleue	05/04/2023		
	Achetoug (Trouna)	Fleur bleue	15/04/2023	36°30'47"N 4°43'45"E	

II-3. Réalisation des herbiers

Les individus récoltés lors du stage pratique dans les trois localités, Béjaïa, Jijel Bouira, sont mis en herbier dans du papier journal. Quelques semaines plus tard, nous avons obtenu des plantes séchées et aplaties. Sur du papier blanc (A4, A3), les plantes ont été collées avec du ruban adhésif transparent à une seule face. Chaque plante est étiquetée en mettant le nom scientifique de la plante, la date et le lieu de récolte, la description de la plante et le nom du récolteur. Tous les herbiers réalisés ont été scannés avec un scanner EPSON GT-2000 (Figures 3-4-5). Nous avons réalisé quelques herbiers de plantes entières avec racines, tiges, feuilles et fleurs. L'ensemble des herbiers réalisés sont déposés dans le laboratoire d'Écologie et Environnement de l'Université de Bejaia.

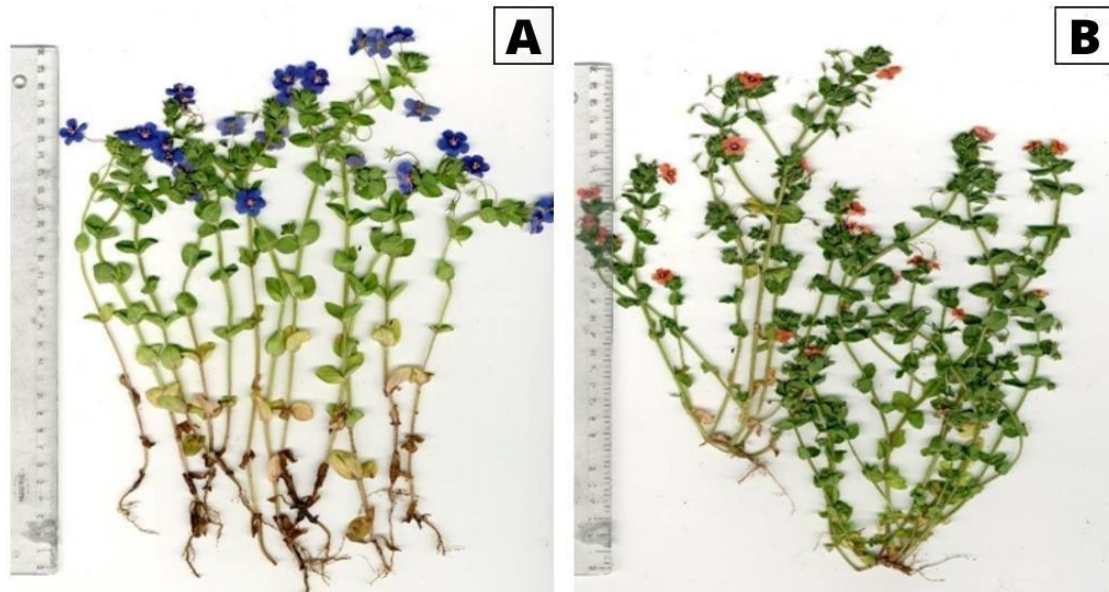


Figure 03 : Scans d'individus complets de *Lysimachia arvensis*. **A :** *L. arvensis* à fleur moyenne bleue (Aokas) ; **B :** *L. arvensis* à petite fleur orange (Aboudaou). (Photo original).



Figure 04 : Scans d'individus complets de *Lysimachia arvensis*. **A :** *L. arvensis* à fleur mauve (Aboudaou) ; **B :** *L. arvensis* à petite fleur rose (Targa Ouzemour). (Photo original).



Figure 05: Scans d'individus complets de *L.monelli* à fleur bleue. **A** : Semaoun tournant ;
B : Achtoug (Tronha).(Photo original).

II-4. Étude de la méiose

Notre but ici est de déterminer le nombre de chromosomes et identifier des anomalies méiotiques. Pour cela, nous avons effectué l'étude sur des cellules mères de pollen. Le protocole utilisé comporte la préparation des solutions, la fixation, l'hydratation, la coloration et l'observation.

II-4-1. Préparation des solutions

Le fixateur : Le fixateur utilisé est le Carnoy II composé de 6 volumes d'éthanol absolu, 3 volumes de chloroforme et 1 volume d'acide acétique absolu (Jahier *et al*, 1992).

Acide chlorhydrique (HCl 1N) : Il est recommandé de verser d'abord une quantité suffisante d'eau, puis d'ajouter 44,5 ml d'HCl fumant pour obtenir un volume total de 500 ml d'HCl 1N. Assurez-vous de procéder avec précaution et d'ajuster précisément le volume à 500 ml après avoir ajouté l'HCl fumant. Le HCl 1N a pour but de ramollir les parois des cellules

Orcéine lactopropionique La méthode de préparation du colorant est basée sur les travaux de Dyer (1963), avec des ajustements selon Löve et Löve (1975). Pour cela, nous avons utilisé

un grand erlenmeyer où nous avons dissous 2 g d'orcéine dans un mélange de 23 ml d'acide propionique et 23 ml d'acide lactique. Ensuite, nous avons complété le mélange avec de l'eau distillée jusqu'à obtenir un volume total de 100 ml. La solution résultante a été filtrée et conservée dans un flacon en verre fumé pour assurer sa protection.

II-4-2. Étapes de la préparation des observations de méiose

Fixation : Nous avons récolté les boutons floraux pendant des journées bien ensoleillées où le taux de l'activité méiotique est très élevé, de préférence entre 9h et 14h. Les boutons floraux à différents stades de développement sont fixés *in situ* dans la solution de Carnoy II et conservés à 4°C jusqu'à utilisation.

Hydrolyse : Les plus jeunes boutons floraux sont disséqués sous une loupe binoculaire. Nous avons recueilli les 5 anthères sur une lame bien propre dans une goutte d'eau. Nous ajoutons une goutte d'HCl 1N et nous laissons à 60°C pour une durée de 4min. L'hydrolyse est appliquée dans le but de ramollir les parois pectocellulosiques des cellules.

Coloration : Cette étape consiste à appliquer une goutte de colorant sur la lame déjà préparée (d'abord sécher l'excès d'HCl afin d'éviter la dilution du colorant) et laisser réagir pendant 10 min à 60°C. Puis nous recouvrons la lame d'une lamelle et nous écrasons délicatement avec le pouce en interposant un papier absorbant entre le doigt et la lamelle pour éponger le surplus de colorant.

Observation : L'observation a été effectuée sur un microscope photonique OPTIKA-B350 équipé d'un appareil photographique. Nous avons observé au grossissement x10 et x40 pour sélectionner les bonnes préparations et les fixer avec du vernis transparent.

Photographie des plaques : Au grossissement x100, ajouter une goutte d'huile à immersion, photographier les différents stades de division méiotique où les chromosomes sont individualisés et bien répartis (pour dénombrer les chromosomes). On photographie ainsi les différents stades de la méiose où l'on peut identifier aussi les anomalies méiotiques.

II-5. Etude de la mitose

II-5-1. Préparation des solutions

Prétraitement à la 8-hydroxyquinoléine : Pour préparer la 8-hydroxyquinoléine 0.02M, on dissout, dans un flacon en verre, 0.28g de 8-hydroxyquinoléine en poudre dans 100ml d'eau distillée et on agite jusqu'à la dissolution complète de la poudre.

Le fixateur : Le fixateur utilisé est le Carnoy I composé de 3volumes d'éthanol absolu et 1 volume d'acide acétique absolu (Jahier *et al*, 1992).

Acide chlorhydrique (HCl 1N) : Nous avons utilisé la même solution d'acide chlorhydrique que pour la méiose voir plus haut).

Orcéine lactopropionique : La solution d'orcéine lactopropionique utilisée est la même que pour la méiose (voir plus haut).

II-5-2. Étapes de la préparation de la mitose

Germination des graines : Nous avons mis les graines extraites des fruits secs dans une boîte de pétri sur un mouchoir en papier imbibé d'eau à l'obscurité et à température ambiante. La durée de germination varie entre 5 à 6 jours pour *Lysimachia arvensis* et pas de germination pour les graines de *Lysimachia monelli* donc nous avons opté pour un autre protocole qui comprend le froid humide pour les graines de cette dernière pour déclencher les germinations. Nous avons mis les graines de *Lysimachia monelli* dans des boîtes de pétri sur un mouchoir en papier imbibé d'eau puis dans un réfrigérateur pendant une semaine puis une autre semaine à température ambiante et nous avons eu nos germinations.

Prétraitement pour les racines : Nous avons prélevé les pointes des racines avec des pinces propres et les avons mises dans un flacon contenant la solution de 8-hydroxyquinoléine 0.02M pour une durée de 2h30min. Cette étape bloque les divisions mitotiques en métaphase. Contracte les chromosomes.

Extraction du méristème apical caulinaire : Sous une loupe binoculaire, nous avons pris la partie haute du méristème primaire des graines en germination, nous avons extrait le méristème apical caulinaire entre les deux futures feuilles de la plante.

L'hydrolyse :

- **Pour les racines :** sur une lame bien propre, nous avons mis les pointes de racines avec une goutte de HCL 1N pendant 5min à une température de 60°C au bain-marie.
- **Pour le méristème apical caulinaire :** nous avons mis le méristème dans une goutte de HCL 1N à une température de 60° pour une durée de 7min afin d'obtenir des cellules ramollies faciles à écraser en lame et lamelle.
- **Pour les boutons floraux :** Nous avons recueilli les 5 anthères sur une lame propre dans une goutte d'eau distillée, puis nous ajoutons une goutte d'HCL 1N et nous laissons à 60°C pour une durée de 4 min.

Coloration : Après avoir séché l'excès d'HCl sur lames préalablement hydrolysées pendant 10min à 60°C au bain marie, nous ajoutons une goutte d'orcéine lactopropionique. Par la suite, nous recouvrons la goutte contenant les anthères d'une lamelle et nous écrasons délicatement avec le pouce en interposant un papier absorbant entre le doigt et la lamelle pour éponger le surplus de colorant.

Observation : L'observation a été effectuée sur un microscope photonique OPTIKA-B350 équipé d'un appareil photographique. Nous avons observé au grossissement x10 et x40 pour sélectionner les bonnes préparations et les fixer avec du vernis transparent.

Photographie des plaques : Au grossissement x100, nous ajoutons une goutte d'huile à immersion et nous photographions les différents stades de division mitotique. Nous photographions ainsi les différents stades de la mitose, notamment les plaques métaphasiques où les chromosomes peuvent être comptés.

II-6. Étude de la fertilité pollinique et la taille des grains de pollen

II-6-1. Analyse de la fertilité pollinique

Les boutons floraux matures, récoltés avant l'anthèse, sont immédiatement placés dans un fixateur. La technique utilisée pour étudier la fertilité du pollen est inspirée du protocole de Mertens et Hamnersmith (1998), qui utilise la coloration au bleu de coton.

La préparation du bleu de coton est réalisée de la manière suivante :

- 8 volumes de glycérine,
- 4 volumes d'acide lactique à 85%,
- 4 volumes de solution de phénol (1g de cristaux 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).

La coloration est réalisée de la manière suivante :

1. Écraser les anthères sur une lame pour libérer le maximum de grains de pollen.
2. Ajouter une petite goutte de colorant.
3. Recouvrir d'une lamelle.
4. Observer au microscope photonique.

Les grains de pollen qui sont uniformément colorés d'un bleu foncé sont considérés comme viables et fertiles. En revanche, les grains de pollen présentant des formes et des tailles anormales, ainsi que ceux qui ne sont pas uniformément colorés, sont considérés comme non viables et stériles. On compte généralement entre 400 et 500 grains de pollen (fertiles et stériles) pour chaque fleur.

Le taux de la fertilité pollinique est calculé selon la formule suivante :

$$TF = \frac{n}{N} * 100$$

- **TF** = Taux de fertilité pollinique (en %),
- **n** = Nombre de grains de pollen normaux (fertiles),
- **N** = Nombre total de grains de pollen : normaux (fertiles) et anormaux (stériles).

II-6-2. Taille des grains de pollen

Dans cette étude, nous avons effectué des mesures de dimensions du pollen en observant directement 50 grains par population à l'aide d'un microscope optique à un grossissement de x100. Les photographies des grains de pollen ont été utilisées pour effectuer les mesures à l'aide du logiciel OPTIKA-B350.

Les données recueillies sur les tailles des grains de pollen ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA), suivie d'un test HSD pour tenir compte des effectifs inégaux entre les populations. De plus, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée en utilisant le logiciel Statistica 8.0 (StatSoft, 2007) pour examiner les relations et les patterns entre les différentes populations de pollen.

Ces analyses statistiques nous permettent de mieux comprendre les variations dans les tailles des grains de pollen et d'identifier d'éventuelles différences significatives entre les populations étudiées.

III. Résultats et Discussions

III. Résultats et Discussions

III-1. Dénombrement chromosomique

Les observations et les dénombrements chromosomiques en méiose et en mitose ont été effectués sur des cellules mères polliniques et des cellules de la paroi des anthères, des méristèmes racinaires et des méristèmes caulinaires chez différentes populations de *L. arvensis* et *L. monelli*.

III-1-1. *Lysimachia arvensis*

Après une analyse durant l'étude de la division méiotique et mitotique des 12 populations de *L. arvensis*, on a pu compter chez :

- ***L. arvensis* à grande fleur bleue (GFB)**

Pour cette population de *L. arvensis* à GFB, nous avons pu compter un nombre de chromosomes constant de $n=10$ en méiose et $2n=20$ en mitose, (Figure06).

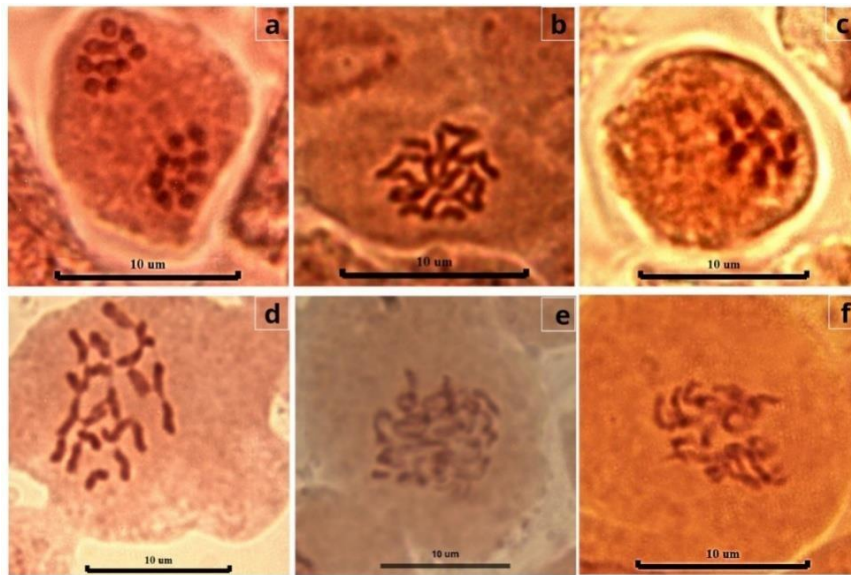


Figure 06 : Observation et dénombrement chromosomique chez *L. arvensis* GFB. Ait M'Barek (a-b), Targa Ouzemmour (c-d), Aboudaou (e-f). Ce comptage est de $2n=2x=20$ (Diploïde à $x=10$). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

· ***Lysimachia arvensis* à fleur bleue moyenne (MFB)**

Pour cet échantillon de *L. arvensis* MFB, nous avons pu compter un nombre chromosomique de $2n=40$ en mitose (Figure 07).

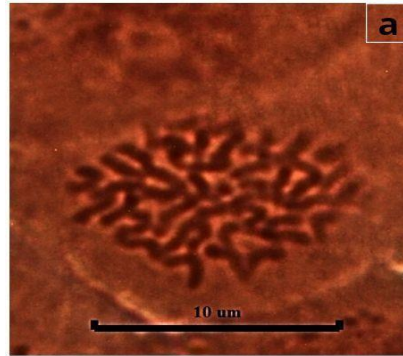


Figure 07 : Observation et dénombrement chromosomique chez *L. arvensis* MFB de Bouira. Ce comptage est de $2n = 4x = 40$ (tétraploïde à $x = 10$). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

· ***Lysimachia arvensis* à petite fleur bleue (PFB)**

Pour la population de *L. arvensis* PFB, nous avons pu compter $n=10$ en méiose et $2n=20$ en mitose pour la population d'Aokas, et de Bouira (Figure 08) :

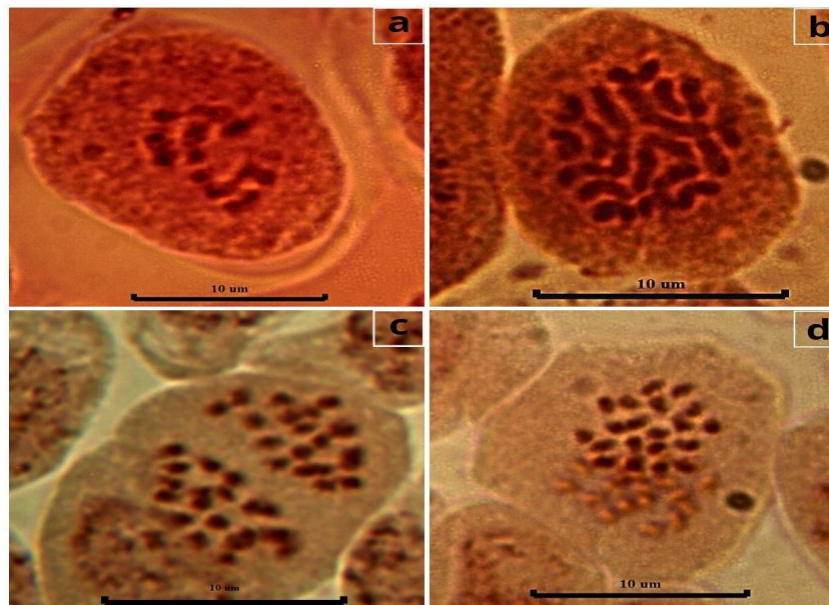


Figure 08 : Observation et dénombrement chromosomique chez *L. arvensis* PFB. Aokas (a-b) ; Bouira (c-d). Ce comptage est de $2n = 2x = 20$ (diploïde à $x = 10$). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

Lysimachia arvensis à petite fleur orange (PFO)

Pour les populations de *L. arvensis* à PFO, nous avons pu compter un nombre chromosomique de $n=20$ en méiose, et $2n=40$ en mitose observation Figure 09 :

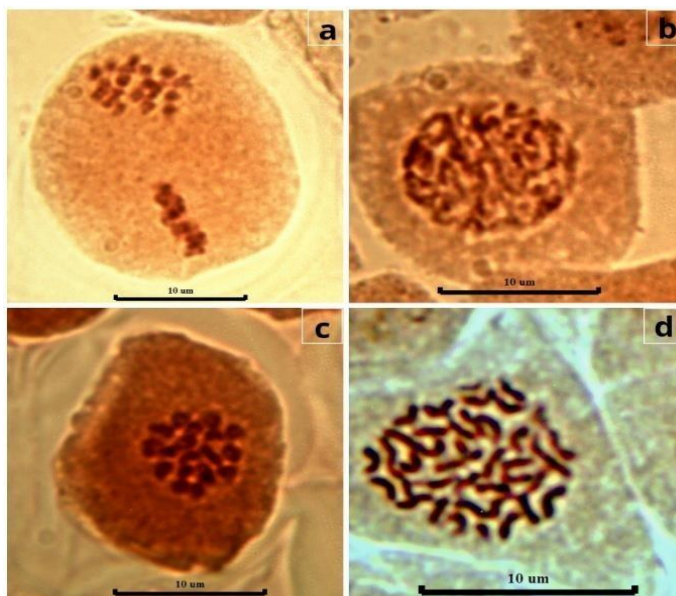


Figure 09 : Observation et dénombrement chromosomique chez *L. arvensis* PFO. Boulimat (a-b), Bouira (c-d). Ce comptage est de $2n = 4x = 40$ (tétraploïde à $x = 10$). La barre d'échelle correspond à 10 μm .

Lysimachia arvensis à petite fleur rose PFR

Pour la population de *L. arvensis* PFR, nous avons pu compter un nombre chromosomique de $n=20$ en méiose (Figure 10) :

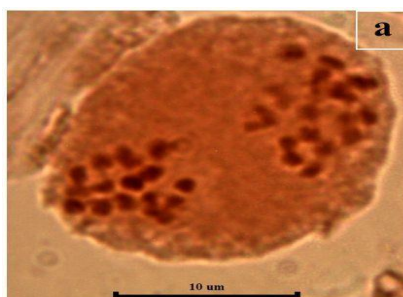


Figure 10 : Observation et Dénombrement chromosomique chez *L. arvensis* PFR de Targa Ouzemmour. Ce comptage est de $2n = 4x = 40$ (tétraploïde à $x = 10$). La barre d'échelle correspond à 10 μm .

· *Lysimachia arvensis* à petite fleur mauve

Pour la population *L. arvensis* mauve d'Aboudaou, nous avons pu compter un nombre chromosomique de $2n=40$ en mitose (Figure11).

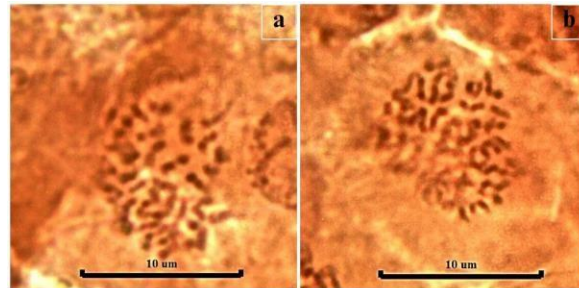


Figure 11 : Observation et dénombrement chromosomique chez *L. arvensis* à PF mauve d'Aboudaou. Ce comptage est de $2n = 4x = 40$ (tétraploïde à $x = 10$). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

Ce nouveau phénotype à fleur mauve serait issu d'une hybridation entre un individu à fleur bleue et un autre à fleur orange donnant un nouveau phénotype de *L. arvensis* a caryotype tétraploïde $2n=4x=40$ à fleur mauve.

III-1-2. *Lysimachia monelli*

L'espèce *L. monelli* a montré un seul nombre chromosomique $n = 10$ observés en méiose et un nombre chromosomique $2n=20$ en mitose (Figure12).

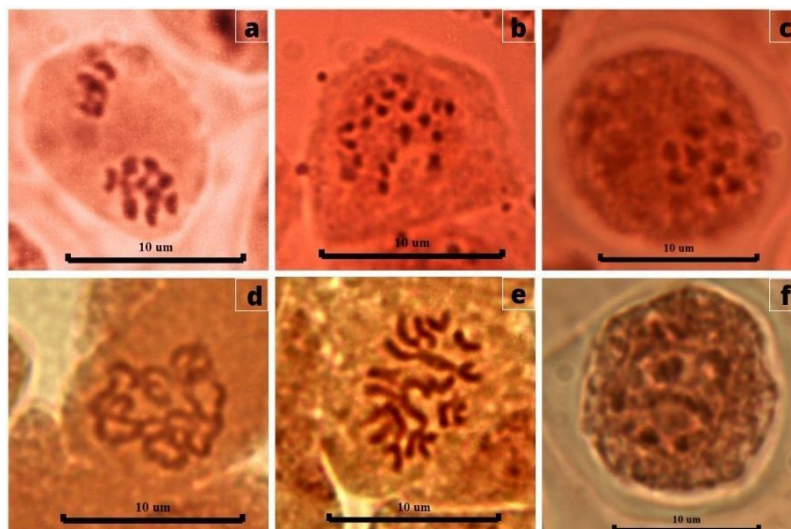


Figure 12 : Observation et dénombrement chromosomique chez *L. monelli*. Ait Mbarek (a-b), Achetoug Trouna (c-d), Semaoun(e-f). Ce comptage est de $2n = 2x = 20$ (diploïde à $x = 10$). La barre d'échelle correspond à 10µm.

III-1-3. Résumé des résultats sur les dénombrements chromosomiques

Les résultats obtenus pour les dénombrements chromosomiques des 15 populations étudiées sont résumées dans le Tableau IV.

Tableau IV : Résultats des dénombrements chromosomiques des 12 populations de *Lysimachia arvensis* et des 3 populations de *L. monelli*. GFB et PFB de Targa Ouzemmour ont été étudiées seulement pour les mitoses racinaires, pas sur les méioses et les grains de pollen.

Espèce	Caractéristique	Population	Nombre de chromosomes
<i>Lysimachia arvensis</i>	GFB	Ait M'Barek	2n=20
		Aboudaou	
		Targa Ouzemmour	
	PFB	Targa Ouzemmour	
		Aokas	
		Bouira	
	PFR	Targa Ouzemmour	2n=40
	MFB	Bouira	
	PF Mauve	Aboudaou	
	PFB	Ighzer Amokrane	
	PFB	Aboudaou	
	PFO	Aokas	
Bouira			
Boulimat			
<i>Lysimachia monelli</i>	FB	Ait M'Barek	2n = 20
		Semaoun	
		Achetoug (Trouna)	

Après une analyse durant l'étude de la division méiotique et mitotique des 12 populations de *L. arvensis*, on a eu comptage à $2n = 4x = 40$ (tétraploïde à $x = 10$) et $2n=2x=20$ (diploïde à $x = 10$) il a été déjà rapporté par Manns & Andreb (2009) et Salhi et Toutaoui (2022) pour *L. arvensis*.

Après une analyse durant l'étude de la division méiotique et mitotique des 3 populations de *L. monelli* (Ait Mbarek, Achetoug et Semaoun), nous avons pu observer et compter un nombre chromosomique de $n=10$ en prophase II et $2n=20$ en mitose, en comparaison avec les résultats trouvés par Šveřepová (1968) au Portugal et ceux obtenus par Salhi et Toutaoui (2022) en Algérie, notre étude confirme une autre fois que *L. monelli* possède un cytotype diploïde à $2n = 2x = 20$ ($x=10$).

III-2. Anomalies des méioses

Au cours de notre étude de la méiose pollinique, nous avons observé plusieurs anomalies chez les deux espèces étudiées *L. arvensis* et *L. monelli*. D'après Mandal *et al.* (2013), ces anomalies sont dues à deux effets soit génétiques (agents mutagènes) ou environnementaux (le stress, la température ou la pollution).

III-2-1. Anomalies observées chez *Lysimachia arvensis*

Les anomalies observées sont dans la figure 13.

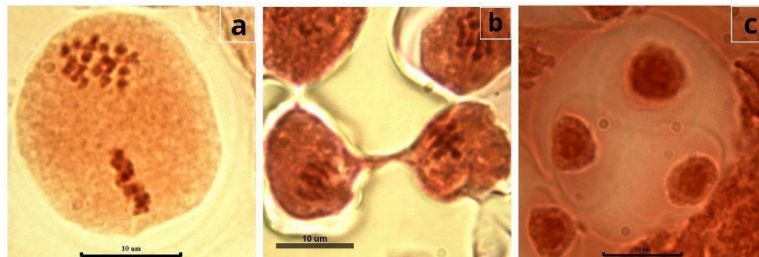


Figure 13 : Différentes anomalies observées chez *Lysimachia arvensis*. Différence d'orientation (a) Cytomixies (b) ; triades (c). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

III-2-2. Anomalies observées chez *Lysimachia monelli*

Les anomalies sont illustrées dans la Figure 14.

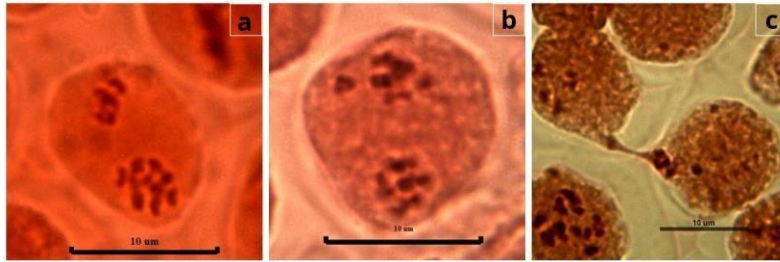


Figure 14 : Différentes anomalies chez *Lysimachia monelli*. Différence d'orientation (a) ; chromosome isolé (b) ; Cytomixies (d). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

Les anomalies que nous avons observées sont comme suit :

Cytomixies : Nous avons observé la présence de ce phénomène chez les deux espèces *L. arvensis* et *L. monelli* qui est une migration de chromatine ou chromosomes entre les méiocytes à travers des canaux cytoplasmiques ou des ponts intercellulaires (Aksic *et al*, 2016) 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 cytomixies est considérée comme une caractéristique des plantes génétiquement déséquilibrées tels que les hybrides, les mutants et les aneuploïdes (Kim *et al*. 2009). La cytomixies peut conduire à la formation de PME (Cellules Mères Polliniques) avec des nombres chromosomiques anormaux ou des microspores aberrantes, des triades, des pentades, hexanes... 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 la polyploïdie (Pagliarini, 2000). Des conditions environnementales et des facteurs génétiques, non encore élucidés, peuvent induire cette anomalie (Love, 1938 et Bass *et al*, 2003).

Fuseaux irréguliers : les observations effectuées chez les espèces *L. arvensis* (Figure 14) et *L. monelli* (Figure 14) ont montré des changements dans l'organisation des fuseaux en métaphase II. Ce phénomène conduit à la formation d'une triade au lieu d'une tétrade, avec un gamète non réduit ($2n$) (Zhang., 1988 ; Damiao do Nascimento *et al*, 2014). Les grains de pollen non réduits ($2n$) sont fertiles et peuvent jouer un rôle important dans la polyploïdisation des espèces (Kim *et al*, 2009). D'après Godoy *et al*, (2012), l'organisation irrégulière des fuseaux est due à une mutation dans le gène qui contrôle la division méiotique.

III-3. Quelques phases de la mitose observées au niveau des racines et des méristèmes caulinaires chez *L. arvensis*

Des mitoses ont pu être observées au niveau des méristèmes racinaires et des méristèmes caulinaires chez *L. arvensis*. Les résultats sont illustrés par la Figure 15.

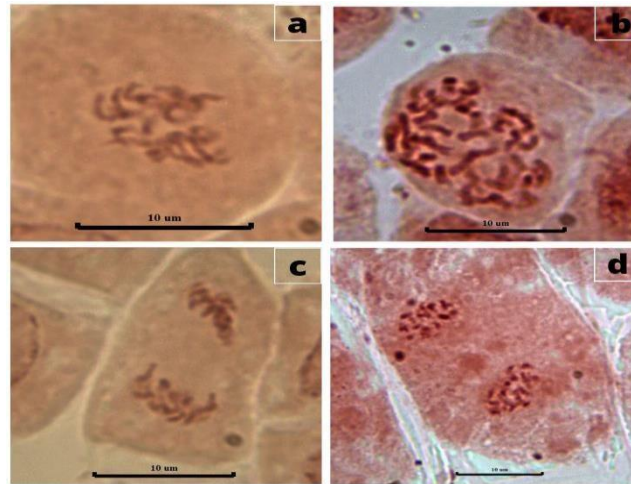


Figure 15 : Différents stades de la mitose observés au niveau des racines et du méristème caulinaire chez *L. arvensis*. Métaphase (a-b) ; Anaphase(c) ; télophase(d). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

III-4. Etude de la fertilité pollinique et de taille des grains de pollen

III-4-1. Analyse de la fertilité pollinique

La fertilité pollinique a été estimée sur des grains de pollen prélevés avant l'anthèse à partir de cinq fleurs choisies aléatoirement dans chacune des populations étudiées. Les grains de pollen fertiles apparaissent avec une coloration parfaite en bleu de coton et les grains de pollen non fertiles sont mal colorés (Figure16).

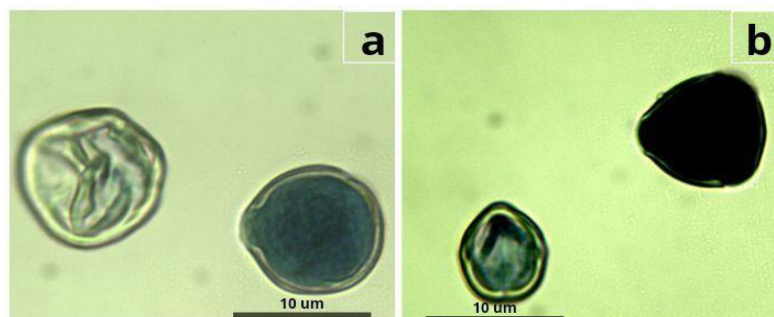


Figure 16 : Aspects des grains de pollen fertiles (bleu foncé) et stériles (transparent) (Grossissementx40). *Lysimachia arvensis* (a), *L. monelli* (b). La barre d'échelle correspond à 10 µm.

III-4-2. Taux de fertilité pollinique selon la taille et la couleur des fleurs chez *L. arvensis* et chez *L. Monelli*

L'étude du taux de fertilité pollinique a été faite sur 15 populations dont 12 populations de *L. arvensis* et 3 populations de *L. monelli*. Les résultats sont présentés dans les Tableaux V-VI

Tableau V : Taux de fertilité pollinique (%) chez les différentes populations de *Lysimachia arvensis* :

N°	Population	1	2	3	4	5	Moyenne	Ecart-type
1	Ait M'Barek GFB	0,66	0,37	97,65	1,96	0	20,128	38,766
2	Aboudaou GFB	95,435	96,566	94,696	0,596	1,185	57,696	51,860
3	Bouira MFB	96,288	96,045	0,386	1,951	92,791	57,492	57,437
4	Aokas PFB	98,445	1,098	98,942	99,557	1,024	59,813	53,634
5	Aboudaou PFB	99,068	99,029	99,526	96,618	98,861	98,620	1,146
6	Bouira PFB	96,975	97,177	98,159	3,225	99,403	78,988	42,363
7	Ighzer Amekran PFB	99,463	78,181	94,431	54,929	98,644	85,130	18,940
8	Boulimat PFO	95,602	97,719	98,765	96,774	85,235	94,819	5,483
9	Aokas PFO	98,619	98,817	96,474	89,952	96,114	95,995	3,592
10	Bouira PFO	98,634	11,879	99,526	95,744	97,959	80,748	38,524
11	Targa Ouzemmour PFR	92,130	89,700	97,585	91,185	93,237	92,768	2,989
12	Aboudaou PF Mauve	20,750	0,199	1,315	0	1,315	13,494	19,782

Nous avons déduit de ce tableau que

· Grande fleur bleue

Le taux de fertilité pollinique le plus élevé ce trouve chez la population d'Aboudaou (57,69±51,86 %), et le moins élevé chez la population Ait Mbarek (20,12±38,76%).

· **Petite fleur bleue**

Les taux de fertilité pollinique sont élevés chez les trois populations d'Aboudaou ($98,62 \pm 1,14\%$), Bouira ($78,98 \pm 42,36\%$), et Ighzer Amokrane ($85,13 \pm 18,94\%$). La population la moins fertile par rapport aux trois premières est celle d'Aokas ($59,81 \pm 53,63\%$).

· **Moyenne fleur bleue**

Les taux de fertilité pollinique de la fleur moyenne bleue de la seule population de Bouira étudié et estimé à $57,8 \pm 53,63\%$.

· **Petite fleur orange**

Les taux de fertilité pollinique pour les trois populations étudiées ont toutes montré un taux élevé estimé à $95,99 \pm 3,59\%$ pour Aokas, $94,81 \pm 5,48\%$ pour Boulimat et $80,74 \pm 5,48\%$ pour Bouira.

· **Petite fleur mauve**

Le taux de fertilité pollinique pour ce nouveau phénotype d'Aboudaou est très bas ($13,49 \pm 19,78\%$). Cette faible fertilité pollinique de ce phénotype à fleur mauve appuie fortement l'hypothèse de son origine hybride.

· **Petite fleur rose**

La population à petite fleur rose de de Targa Ouzemmour a montré un taux de fertilité de $92,78 \pm 2,98\%$, ce qui est vraiment élevé.

Tableau VI : Taux de fertilité pollinique (%) chez *Lysimachia monelli* à fleurs bleues.

N°	Population FB	1	2	3	4	5	Moyenne	Ecart-type
13	Achetoug Trona	96,49	75	70,7	98,57	0,72	68,301	39.776
14	Ait M'Barek	0	85,514	78,350	78,351	66,686	65,720	36.936
15	Semaoun	76,335	93,696	95,041	89,108	0,722	70,980	39.964

Le taux de la fertilité le plus élevé pour l'espèce *L. monelli* ($70,98 \pm 39,96\%$) se trouve chez la population de Semaoun et le moins élevé ($65,72 \pm 36,93\%$) chez la population d'Achetoug (Trouna). Pour la population d'Ait Mbarek, il est de $68,30 \pm 39,77\%$ (Tableau X).

Ces résultats montrent que les trois populations de *L. monelli* sont assez fertiles.

La différence dans les taux de fertilité pollinique peut être attribuée aux différentes anomalies observées durant la division méiotique *L. monelli* et probablement aussi au froid. Le fait que la population d'Achetoug et celle d'Ath Mbarek (Altitude > 800m) montre une fertilité plus faible que la population de Semaoun (184m) appuie l'hypothèse du froid.

III-5. Synthèse

Sur les 15 populations étudiées, seulement deux populations de *L. arvensis* à grande fleur bleu d'Ait Mbarek ($20,12 \pm 38,76\%$) et celle à petite fleur mauve d'Aboudaou ($13,49 \pm 19,78\%$) sont très faiblement fertiles.

Pour la population à GFB d'Ait Mbarek, sa stérilité serait due causée aux différentes anomalies observées : cytomixies, divisions asynchrones, triades. Cette présence d'anomalies méiotiques permet aussi d'émettre l'hypothèse de son origine hybride, sans exclure d'autres causes.

Pour la population de petite fleur mauve (Aboudaou) est très faiblement fertile car elle serait d'origine hybride comme souligné plus haut.

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). L'anomalie qui influencerait beaucoup plus la fertilité pollinique même en conditions environnementales favorables serait la cytomixies 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).

III-6. Etude de la taille des grains de pollen

Les résultats trouvés sont résumés dans le Tableau VII. La population au plus petit pollen est la population 14 (GFB ait m'Barek) ; celle au plus gros pollen est la population 2 (MFB Bouira) suivie de la population 9 (PF orange Aokas). Toutes les autres populations sont intermédiaires entre ces deux extrêmes quant à la taille de leurs drains de pollen (Tableau VII). On remarque que l'axe polaire (P) est toujours légèrement supérieur à l'axe équatoriale (E) d'où le rapport P/E (R) légèrement supérieur à 1. Le pollen de ces populations est donc de forme subsphérique.

Tableau VII. Taille des grains de pollen en fonction des types de fleurs et nombres chromosomiques. P : Axe polaire ; E : Axe équatorial ; R : Rapport P/E. Les lettres A-J compare les moyennes des 15 populations par ordre croissant (Test HSD pour effectifs différents, $\alpha = 0,05$). Les moyennes désignées par des lettres différentes sont statistiquement inégales.

N°	Population	2n	P (μm)	E (μm)	R
1	GFB ait m'Barek	20	21,02±1.10 EFG 16-23,49	19,83±1.07 EF 15,29-21,61	1,06±0.06 ABC 0,84-1,23
2	GFB Aboudaou	20	20,63±0.80 DEF 18,98-22,44	19,53±0.73 DEF 18,08-20,99	1,06±0.04 ABC 1,00-1,18
3	PFB Aokas	20	17,93±0.89 B 15,78-19,58	16,86±1.05 B 13,03-18,59	1,07±0.05 ABC 1,00-1,26
4	MFB Bouira	40	24,21±1.42 J 20,84-28,08	21,66±1.52 HI 18,17-24,77	1,12±0.08 D 0,84-1,35
5	PFB Aboudaou	40	20,32±1.91 DE 16,29-23,54	18,83±1.51 CD 15,37-21,65	1,08±0.06 BCD 0,97-1,29
6	PFB Bouira	20	20,43±1.04 DE 18,81-24,87	18,93±1.10 CDE 14,39-20,81	1,08±0.11 CD 1,00-1,73
7	PFB Ighzer Amekran	40	17,52±1.89 B 14,82-27,47	16,05±2.25 AB 13,89-30,36	1,1±0.09 CD 0,90-1,34
8	PF mauve Aboudaou	40	21,53±1.16 FG 18,94-23,85	19,69±1.09 DEF 17,50-22,29	1,09±1.12 CD 1,00-1,19
9	PF orange Aokas	40	23,54±0.92 IJ 20,46-25,11	22,23±1.21 I 19,12-25,50	1,06±0.80 ABC 0,97-1,18

III. Résultats et Discussions

10	PF Orange Bouira	40	21,65±1.42 GH 18,49-25,84	20,93±1.46 GH 17,16-24,03	1,04±1.02 AB 0,92-1,17
11	PF Orange Boulimat	40	22,62±2.78 HI 17,12-28,58	20,98±2.46 GH 15,96-24,30	1,08±1.19 BCD 0,95-1,25
12	PF rose Targa Ouzemmour	40	21,63±0.97 G 19,36-23,88	20,15±1.09 FG 18,07-24,56	1,07±0.89 ABC 0,93-1,20
13	FB Achetoug (Trouna)	20	19,08±1.34 C 16,25-21,31	18,45±1.45 C 14,94-20,73	1,04±0.04 A 0,94-1,14
14	FB ait m'Barek	20	16,48±0.89 A 14,20-18,03	15,28±0.81 A 13,34-17,53	1,08±0.05 BCD 1,00-1,25
15	15 = FB Semaoun	20	19,78±1.52 CD 16-23,49	18,44±1.37 C 15,29-21,61	1,07±0.05 ABC 0,99-1,17

La population présentant les plus petits grains de pollen est *L. monelli* GFB d'Ait Mbarek ($P = 16,48 \pm 0.89 \mu\text{m}$ et $E = 15,28 \pm 0.81 \mu\text{m}$) et celle présentant le plus gros pollen est la population *L. arvensis* MFB de Bouira ($P = 24,21 \pm 1.42 \mu\text{m}$ et $E = 21,66 \pm 1.52 \mu\text{m}$) et la population *L. arvensis* PFO d'Aokas ($P = 23,54 \pm 0.92 \mu\text{m}$ et $E = 22,23 \pm 1.21 \mu\text{m}$) (Tableau XI). Toutes les autres populations constituent un gradient intermédiaire entre ces extrêmes.

Nous sommes tentés d'expliquer cette variation de taille des grains de pollen par le niveau de ploïdie avec $2n = 20$ pour les petits grains de pollen et $2n = 40$ pour les gros grains de pollen. La polyploïdie est connue pour avoir tendance à augmenter la taille des cellules en accord avec l'augmentation de taille des noyaux (e.g. Tsukaya, 2013 ; Orr-Weaver, 2015 ; Katagiri *et al*, 2016). Cependant parmi les populations de *L. monelli* à petit grains de pollen ($2n = 20$) se trouvent des populations de *L. arvensis* comptés à $2n = 40$ dans le présent travail. Cependant, ces petits grains de pollen pourraient venir de fleurs d'individus *L. arvensis* à $2n = 20$ dont l'existence dans la région a été mise en évidence de Salhi et Toutaoui (2022).

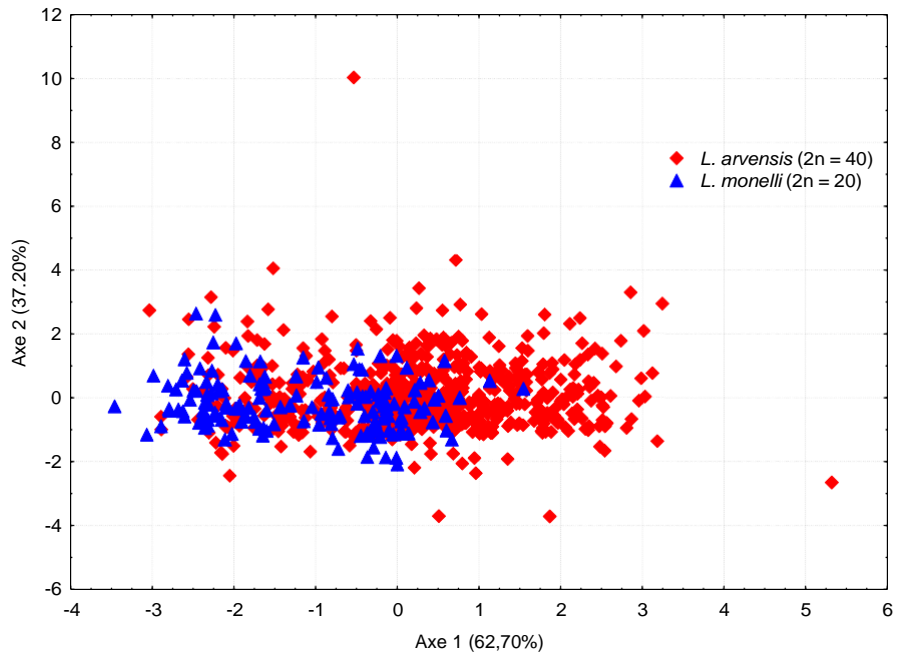


Figure 17 : Nuage de points ACP comparant le pollen de *Lysimachia monelli* et de *L. arvensis*. L'axe 1 est expliqué par P (R = 0,96) et E (R = 0,97) et l'axe 2 par P/E (R= 0,99).

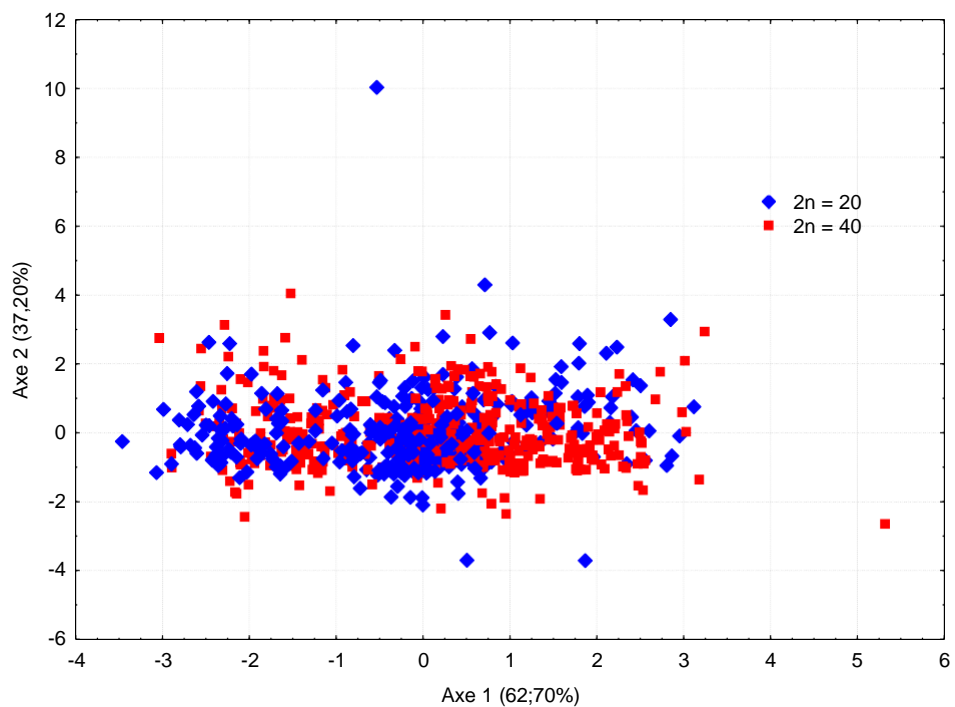


Figure 18 : Nuage de points ACP comparant le pollen de *Lysimachia* à 2n = 20 et celui à 2n = 40. L'axe 1 est expliqué par P (R = 0,96) et E (R = 0,97) et l'axe 2 par P/E (R= 0,99).

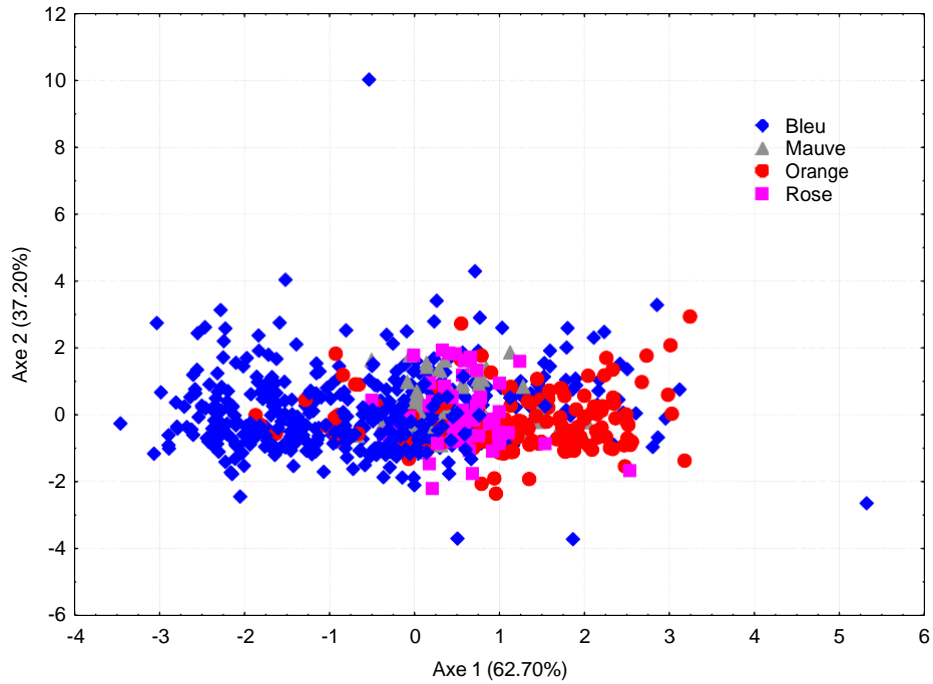


Figure 19 : Nuage de points ACP comparant le pollen des populations étudiées en fonction de la couleur de la fleur. L'axe 1 est expliqué par P ($R = 0,96$) et E ($R = 0,97$) et l'axe 2 par P/E ($R = 0,99$).

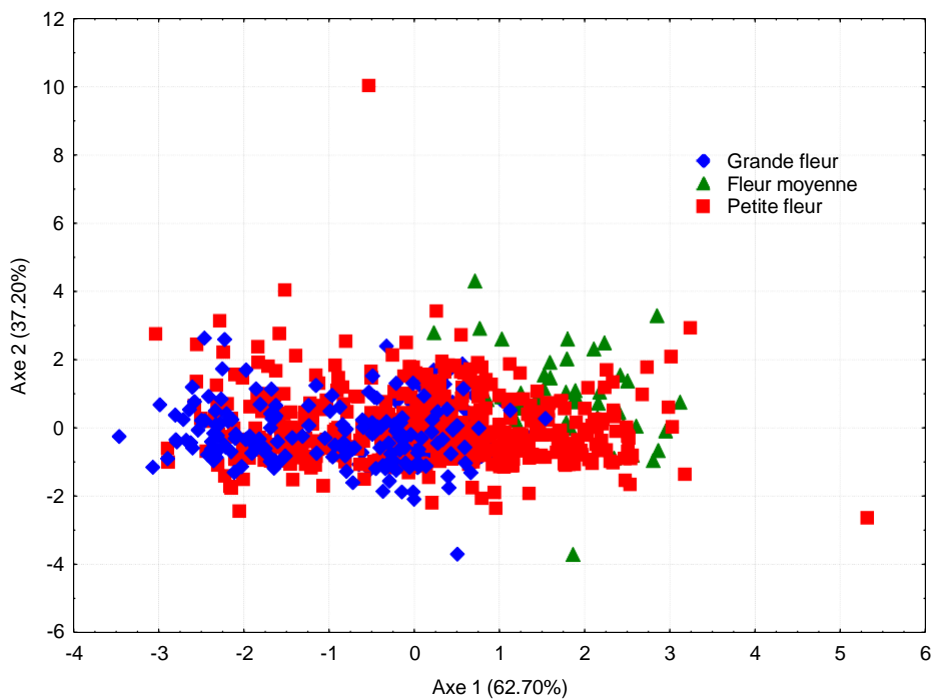


Figure 20 : Nuage de points ACP comparant le pollen des populations étudiées en fonction de la taille de la fleur. L'axe 1 est expliqué par P ($R = 0,96$) et E ($R = 0,97$) et l'axe 2 par P/E ($R = 0,99$).

La comparaison de la taille des grains de pollen par l'ACP a montré que les plantes à $2n = 20$ ont tendance à montrer un pollen majoritairement plus petit contrairement aux plantes à $2n = 40$ (Figure 18). Cependant, des $2n = 20$ peuvent avoir un gros pollen et vice-versa, d'où la grosseur du pollen ne dépend seulement du niveau de ploïdie. La même ACP sur les tailles des grains en fonction de la couleur de la fleur révèle que les plus petits grains de pollen se trouvent chez les fleurs bleues et les plus gros grains de pollen chez les fleurs orange ; les tailles sont intermédiaires pour la couleur mauve et la couleur rose (Figure 19). La même comparaison en fonction de la taille des fleurs montre que les plus petits grains de pollen se trouvent plutôt chez les fleurs de grande taille et les plus gros chez les tailles intermédiaires, les fleurs de petite taille montrent un gradient allant des petits vers les gros grains de pollen (Figure 20).

Des différences significatives ont été trouvées entre les pollens issus des différentes couleurs de la fleur de même que ceux issus des différentes tailles de la fleur, résultats illustrés par nuages de points ACP (Figures 19-20). L'hétérogénéité des tailles des grains de pollen par rapport aux différentes couleurs de la fleur est en accord avec les résultats de Jiménez-López *et al.* (2022) qui révèlent par une étude moléculaire que les morphotypes à fleurs bleues et ceux à fleurs rouges ou roses chez *L. arvensis* et *L. monelli* doivent être considérés comme des espèces distinctes. Autrement dit, les pollens provenant de plantes à fleurs de différentes couleurs sont différents parce qu'ils appartiennent à des espèces différentes.

Le rapport axe polaire/axe équatorial est toujours légèrement supérieur à 1. Pour ce caractère aussi des différences significatives ont été décelées entre les populations, les couleurs et les tailles des fleurs. Aucune différence significative n'a été détectée pour ce rapport entre *L. arvensis* et *M. monelli*. Les grains de pollen chez les deux espèces sont donc de forme subsphérique ($P/E > 1$) comme il a déjà été rapporté pour le *Anagallis* (*Lysimachia*) et d'autres Primulacées (e.g. Moneim, 2003 ; Shiba, 2020). Salhi et Toutaoui (2022) travaillant sur *Anagallis* (*Lysimachia*) de notre région ont rapporté le même résultat.

Conclusion

Conclusion

La présente étude cytogénétique a porté sur 15 populations *Lysimachia arvensis* et *L. monelli*. L'objectif du travail est d'analyser la méiose et la mitose, dénombrer les chromosomes, relever les anomalies liées à la méiose, estimer des taux de fertilité et comparer la taille des grains de pollen chez les différentes populations étudiées.

Concernant *L. arvensis*, 12 populations ont été étudiées. Les observations des méioses sur les cellules mères polliniques et des mitoses sur les cellules de la paroi des anthères ont révélé un cytotype tétraploïde à $n=20$, correspondant à $2n=4x=40$ trouvé pour les morphotypes de *L. arvensis* des populations d'Aboudaou petite fleur mauve Bouira, moyenne fleur bleue Ighzer Amokrane et Bouira pour petite fleur bleu, Boulimat, Aokas et Bouira pour petite fleur orange.

Cependant, un nombre chromosomique à $n=10$, correspondant à $2n=2x=20$ a été trouvé pour les populations de Ait Mbarek grande fleur bleue, Aokas et Bouira à petite fleur bleue et Aboudaou à grande fleur bleue.

Pour l'espèce *L. monelli*, 3 populations ont été étudiées. Les observations des méioses sur les cellules mères polliniques et des mitoses sur les cellules de la paroi des anthères ont révélé un seul cytotype diploïde à $n=10$, correspondant à $2n=2x=20$, pour toutes les populations.

Au niveau du méristème caulinaire nous avons pu compter 38 chromosomes pour la population à petite fleur bleue (Taghzouth). Ce nombre correspond certainement $2n=4x=40$ où deux chromosomes n'étaient pas visibles ou perdus. Pour les morphotypes à petite fleur bleue et celui à petite fleur rose (Targa Ouzemmour), nous avons observé des mitoses mais, ou n'avons pas pu faire les comptages de chromosomes.

Au niveau des racines, pour le morphotype à petite fleur bleue (Taghzouth), celui à petite fleur bleue et celui petite fleur rose (Targa Ouzemmour), nous avons seulement observé des mitoses sans arriver à compter les chromosomes.

L'analyse des cellules mères pollinique durant la méiose nous a permis d'observer diverses anomalies chez les deux espèces *L. monelli* et *L. arvensis* : cytomixies, fuseaux irréguliers, divisions asynchrones, chromosomes retardataires, tétrades, qui sont en accord avec la variation des taux élevés et bas de la fertilité pollinique chez les différentes populations.

Concernant les taux de fertilité pollinique, les valeurs sont très variables d'une population à une autre. Elles vont de $(65,72 \pm 36,93 \%)$ à $(70,98 \pm 39,96 \%)$ chez *L. monelli* et de $(13,49 \pm 19,78 \%)$ à $(98,62 \pm 1,14 \%)$ chez *L. arvensis*.

L'étude statistique des dimensions des grains de pollen (axe polaire, axe équatorial et le rapport entre les deux) par l'anova (suivie du test HSD et l'ACP a révélé une grande hétérogénéité entre les deux espèces, les morphotypes liés à la couleur de la fleur et les morphotypes liés à la taille de la fleur. On y décèle comme une tendance de *L. monelli* à avoir de petits grains de pollen. Cela serait-il lié à son cytotype diploïde à $2n = 20$ au lieu de $2n = 40$ comme *L. arvensis*. L'axe polaire est toujours légèrement supérieur à l'axe équatorial dénote un pollen de forme subsphérique.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdel Moneim, Aboel Atta I. I., Shehata A.A., (2003).** On the Delimitation of *Anagallis arvensis* L. (Primulaceae) 1. Evidence Based on Macromorphological Characters, Palynological Features and Karyological Studies. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6:29-35.
- Aksic M. F., Cerovic R., Ercisli S., Jensen M. (2016).** Microsporogenesis and meiotic abnormalities in different ‘Oblacinska’ sour cherry (*Prunus cerasus* L.) clones. *Flora* 219: 25-34.
- Anderberg A.A., Manns U., Kallersjo M. (2005), (2007).** Phylogeny and floral evolution of the Lysimachieae (Ericales, Myrsinaceae): evidence from *ndhF* sequence data. *Willdenowia* 37(2): 407-421.
- APG II, (2003).** The Angiosperm Phylogeny Group: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the Orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.
- APG III, (2009).** The Angiosperm Phylogeny Group: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the Orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161(2): 105–121.
- Bai Y.H., Zhang S.Y., Guo Y., Tang Z. (2020).** Conservation status of Primulaceae, a plant family with high endemism in China. *Biological Conservation* 248: 108675.
- Baskose I., Keskin A., Gurbanov K. (2016).** *Lysimachiasavranii* (Primulaceae), a new species from the eastern Taurus in Turkey. *Phytotaxa* 267 (3): 228–232.
- Bedini G., Ansaldi M., Garbari F. (2007).** Mapping and demography of endangered plants in the Apuan Alps, NW Tuscany, Italy. *Bocconea* 21: 27-44.
- Blanca G., Cabezudo B., Cueto M., Fernández López C., Morales Torres C. (2009).** Flora Vasculare de Andalucía Oriental, Volumen 3, Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 460 p.
- Damião D.N.P., Gonçalves S., Andréia R.A-P., Adrielle F d.C., Mariza B.R., Odair A., Claudicéia R.-P. (2014).** Analysis of meiotic behavior in *Cordia calyculata* Vell. (Boraginaceae). *Revista Biotemas*, 27 (4): 21-27.
- Dobignard A., Chatelain C., Fischer M. (2013).** Dicotyledoneae: Oleaceae – Zygophyllaceae. Ed. Des Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève, 451 p.
- Douville C., Housset P. (2013).** Guide des plantes messicoles de haute-Normandie et de l’Eure, Département de l’Eure. Evreux. 68 pages.
- Dridi R., Essghaier B., Hannachi H., Khedher G., Chaffei C., Zid M.F. (2022).** Biosynthesized silver nanoparticles using *Anagallis monelli*: Evaluation of antioxidant activity, antibacterial and antifungal effects. *Journal of Molecular Structure* 1251: 132076.
- Fenech M., Kirsch V. M., Natarajan A. T., Surralles J., Crott J. W., Parry J., Norppa Y., H, Eastmond D. A., Tucker J. D. and Thomas P. (2011).** Molecular mechanisms

of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells. *Mutagenesis* 26(1) : 125–132.

- Fennane M., IbnTattou M., Mthez J., Ouyahya A., El walidi J. (1999).** Flore Pratique du Maroc, Pteridophyta, Gymnospermae, Angiosperme (Lauraceae- Neuradaceae), Vol 1. Agdal, Rabat.
- Ferguson L.F. (1972).** *Lysimachia* L. in Tutin, T.G. et al. eds. Flora Europaea 3: 26-27.
- Freyre R. (2007).** ANAGALLIS: *Anagallis monelli*. Anderson (ed.), *Flower Breeding and Genetics*, 225–239.
- Freyre R., Griesbach R.J. (2004).** Inheritance of Flower Color in *Anagallis monelli* L. *Hort. Science* 39(6): 1220-1223.
- Godoy S. M., 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.
- Jahier, J., Chever, A. M., Eber, F., Delourne, R., Tanguy, A.M. (1992).** Techniques de la Cytogénétique végétale. Ed. INRA, Paris, 183 p.
- Jimenez- Lopez F.J., Viruel J., Arista M., Ortiz P.L., Talavera M. (2022).** Molecular approaches reveal speciation between red-and-blue-flowered plants in Mediterranean *Lysimachia arvensis* and *L. monelli* (Primulaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 199(2): 1-21.
- Katagiri, Y.; Hasegawa, J.; Fujikura, U.; Hoshino, R.; Matsunaga, S.; Tsukaya, H. (2016).** The coordination of ploidy and cell size differs between cell layers in leaves. *Development* 143(7): 1120–1125. doi:10.1242/dev.130021
- Kiihl P. R. P., Pereira A. R. A., Godoy S. M., Stenzel N. M. C., Pascotto C.P. (2011).** Chromosome stickiness during meiotic behavior analysis of *Passiflora serrato-digitata* L. (PASSIFLORACEAE). *Biology Ciência Rural* 41(6):.1018-1023.
- Kim J S., Oginuma K., Tobe H., (2009).** Syncyte formation in the microsporangium of *Chrysanthemum* (Asteraceae): a pathway to infraspecific polyploidy. *J Plant Res* 122:439–444.
- Laberche J.-C., (2010).** Biologie végétale 3ed. Dundo, Paris, 295 p.
- Lavinsky M.P., Souza M.M., Silva G.S., Melo C.A.F. (2017).** Contributions of classical and molecular cytogenetic in meiotic analysis and pollen viability for plant breeding. *Genetics and Molecular Research*, 16 (3) : gmr16039582
- Liu K., Hong X., Zhou .S.B., Cheng Y.S., Tang C.F., Xu G.J. (2014).** A new species of *Lysimachia* (Myrsinaceae) from Dabieshan Mountain, China. *Plant Syst Evol*, 300:1615–1620.
- López V., Jäger A.K., Akerreta S., Caverro R.Y., Calvo M.I. (2011).** Pharmacological properties of *Anagallis arvensis* L. (“scarlet pimpernel”) and *Anagallis foemina* Mill. (“blue pimpernel”) traditionally used as wound healing remedies in Navarra (Spain). *Journal of Ethnopharmacology*, 134 (3): 1014-1017.
- Love A. & Love D. (1975).** Plant chromosomes. T1. Ed. Cramer. 184p.

- Malallah G.A., Masood M., Al-Dosari M. (2001).** Chromosome numbers of the Kuwaitiflora, III. *Willdenowia* 31 (2): 411-418.
- Manns U., Anderberg A.A. (2009).** New combinations and names in *Lysimachia*(Myrsinaceae) for species of *Anagallis*, *Pelletiera*and*Trientalis*. *Willdenowia* 39(1): 49-54.
- Mandal A., Datta A. K., Gupta S., Paul R., Saha A., Ghosh B. K., Bhattacharya A., IqbalM. (2013).**Cytomixis—a unique phenomenon in animal and plant. *Protoplasma* 250: 985–996.
- Mertens T. R. &Hamnersmith R. L. (1998).** Genetics, Laboratory investigations, Eleventh edition, Prentice Hall inc., Upper Saddle River, New Jersey, 275 p.
- Naturalista.** (s.d.). *Lysimachia arvensis*. Récupéré le 30/05/2023, à partir de (https://www.naturalista.mx/taxa/1115350-Lysimachia-arvensis-arvensis/browse_photos).
- Orr-Weaver, Terry L. (2015).** When bigger is better: the role of polyploidy inorganogenesis. *Trends in Genetics* 31(6): 307–315. doi:10.1016/j.tig.2015.03.011
- Pagliarini M.S. (2000).** Meiotic behavior of economically important plants species: therelationship between fertility and male sterility. *Genetics and molecular biology* 23(4): 997-1002.
- Quézel P.et Santa., (1962).** Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiquesméridionales. Tome 1, Ed. CNRS, 558p.
- Quintana A., Freyre R., Davis T.M., Griesbach R.J. (2008).** Genetic Studies of FlowerColor in *Anagallismonelli* L. *HortScience*43(6): 1680-1685.
- Rice, A., Glick, L., Abadi, S., Einhorn, M., Kopelman, N.M., Salman-Minkov, A.,Mayzel, J., Chay, O., Mayrose, I. (2015).** The Chromosome Counts Database (CCDB), acommunity resource of plant chromosome numbers. *New Phytol.* 206, 19–26.
- Roch M.J., McCowan CI., Kelly JC. (2012).** Suspected poisoning of cattle by scarletpimpernel (*Lysimachia arvensis* L.). *Australian Veterinary Journal* 90(7): 269-271.
- Shiha M. A. (2020).** Taxonomic significance of stamens and pollen morphology of someselected taxa of Primulaceae in Egypt. *Taeckholmia*40: 1-11
- Sidorchuk Y, Novakovskaya A. A et Deineko E. V. (2015).** Cytomixis in the cereal(Gramineae) microsporogenesis. *Protoplasma.* 253: 291-298.
- Singhal V. K. and Kumar P. 2008.** Impact of cytomixis on meiosis, pollen viabilityand pollen size in wild populations of Himalayan poppy (*Meconopsisaculeata*Royle). *J. Biosci.* 33; 371–380.
- Sood A., Kumar B., Singh S.K., Prashar P., Gautam A. (2020).** Flavonoids as PotentialTherapeutic Agents for the Management of Diabetic Neuropathy. *Current PharmaceuticalDesign* 26(42): 5468-5487.
- Šveřepová G. (1968).** ZurZytotaxonomie der Art *Anagallisarvensis* L. *Preslia* 40: 143-146.
- Šveřepová G. (1970).** Analyse der morphologischenMerkmaleeiniger Taxa derGattung*Anagallis* L. (ExperimenteltaxonomischeStudie). *Preslia* 42: 350-372.
- Talavera S., Gibbs P.E., Fernandez- piedra M.P., Ortiz- herrera. (2001).** Genetic controlof self-incompatibility in *Anagallismonelli* (Primulaceae: Myrsinaceae). *Heredity* 8 (5): 589-597.

- Tsukaya H. (2013).** Does Ploidy Level Directly Control Cell Size? Counter evidence from *Arabidopsis* Genetics. *PLoS ONE* 8(12): e83729. doi:10.1371/journal.pone.0083729
- Xu Z., Chang L., Xu Z. (2017).** Identification and Control of Common Weeds: Volume 3, Primulaceae. Springer Singapore, Singapore, pp. 51-81.
- Zhang Y., Lespinasse Y., Salesses G., (1988).** Etude Cytogénétique de Quelques Clones Diploïdes et Polyploïdes de Pommier (*Malus domestica* Borkh.) Considérations quant à l'origine du pommier. *Cytologie* 53: 749-755.

Etude des mitoses et des méioses chez quelques taxons du genre *Lysimachia* L. (Primulacées) d'Algérie

Résumé : 15 populations ont été étudiées dont 12 populations de *L. arvensis* (avec ses différents morphotypes) et 3 populations *L. monelli* (fleurs bleues). L'observation des phases méiotiques a été faite sur les cellules mères polliniques de jeunes boutons floraux, et des phases mitotiques sur les cellules de la paroi des anthères, les cellules des racines et du méristème caulinaire. La détection des grains de pollen a été faite par la coloration au bleu de coton et les chromosomes par l'orcéine lactopropionique. Le dénombrement chromosomique a révélé un cytotype tétraploïde à $2n = 4x = 40$ ($x = 10$) et un cytotype diploïde à $2n = 2x = 20$ ($x = 10$) chez *L. arvensis*, et un cytotype diploïde $2n = 2x = 20$ ($x = 10$) chez *L. monelli*. Les différentes anomalies méiotiques observées sont les cytomixies, les fuseaux irréguliers, les triades, les chromosomes retardataires et les divisions asynchrones. L'analyse de la fertilité pollinique a montré un taux de fertilité élevé chez les 14 populations étudiées (petite fleur rose et orange, petite fleur bleu et moyenne fleur bleu), sauf deux (petite fleur mauve et grande fleur bleu). Les tailles de grains de pollen sont très variables selon la population, l'espèce, le niveau de ploïdie et la taille de la fleur. Les grains de pollen partout de forme subsphérique

Mots clés : *Lysimachia arvensis*, *L. monelli*, méiose, mitose, dénombrements chromosomiques, anomalies méiotiques, pollen.

Study of mitoses and meiosis in some taxa of the genus *Lysimachia* L. (Primulaceae) from Algeria

Summary: 15 populations were studied, including 12 populations of *L. arvensis* (with its different morphotypes) and 3 populations of *L. monelli* (blue flowers). The observation of the meiotic phases was made on pollen mother cells of young flower buds, and of the mitotic phases was observed on the cells of the wall of the anthers, the cells of the roots and the stem meristem. The detection of pollen grains was made by staining with cotton blue and the chromosomes by lactopropionic orcein. Chromosomal counts revealed a tetraploid cytotypic with $2n = 4x = 40$ ($x = 10$) and a diploid cytotypic with $2n = 2x = 20$ ($x = 10$) in *L. arvensis*, and a diploid cytotypic with $2n = 2x = 20$ ($x = 10$) in *L. monelli*. The various meiotic abnormalities observed are cytomixies, irregular spindles, triads, late chromosomes and asynchronous divisions. The analysis of pollen fertility showed a high fertility rate in the 15 populations studied (small pink and orange flower, small blue flower and medium blue flower), except for two (small purple flower and large blue flower). Pollen grain sizes are highly variable depending on population, species, ploidy level and flower size. The pollen grains are subspherical in shape for all the accessions.

Key words: *Lysimachia arvensis*, *L. monelli*, meiosis, mitosis, chromosome counts, meiotic abnormalities, pollen.

دراسة الانقسام الفتيلي والانقسام الاختزالي في بعض الأصناف من جنس *Lysimachia* L. (Primulaceae) من الجزائر

المخلص: تمت دراسة 15 مجموعة سكانية بما في ذلك 12 مجموعة من *L. arvensis* (بأنماطها الشكلية المختلفة) و 3 مجموعات *L. monelli* (الزهور الزرقاء). لوحظت مراحل الانقسام الاختزالي على الخلايا الأم لحبوب اللقاح من براعم الزهور الصغيرة ، ومراحل الانقسام على خلايا جدار العضو الآخر وخلايا الجذر ومرستيم الكولين. تم الكشف عن حبوب اللقاح عن طريق تلطيخ القطن الأزرق والكروموسومات بواسطة أورسين لاكتوبروبيونيك. كشفت أعداد الكروموسومات عن نمط خلوي رباعي الصيغة الصبغية عند $2n = 4x = 40$ ($x = 10$) ونمط خلوي ثنائي الصيغة الصبغية عند $2n = 2x = 20$ ($x = 10$) في *L. arvensis* ، ونمط خلوي ثنائي الصيغة الصبغية $2n = 2x = 20$ ($x = 10$) في *L. monelli*. التشوهات الاختزالية المختلفة التي لوحظت هي داء الخلايا الخلوي ، والمغازل غير المنتظمة ، والثلاثيات ، والكروموسومات المتأخرة والانقسامات غير المتزامنة. أظهر تحليل خصوبة حبوب اللقاح ارتفاع معدل الخصوبة في جميع المجموعات السكانية الـ 14 التي تمت دراستها (زهرة صغيرة وردية وبرتقالية ، زهرة زرقاء صغيرة وزهرة زرقاء متوسطة) ، باستثناء اثنين (زهرة أرجوانية صغيرة وزهرة زرقاء كبيرة). تختلف أحجام حبوب اللقاح بشكل كبير اعتمادا على عدد السكان والأنواع ومستوى الصيغة الصبغية وحجم الزهرة. حبوب اللقاح في كل مكان تحت كروية الشكل

الكلمات المفتاحية: *Lysimachia arvensis* ، *L. monelli* ، الانقسام الاختزالي ، الانقسام ، تعداد الكروموسومات ، تشوهات الانقسام الاختزالي ، حبوب اللقاح .