



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : *Biotechnologie et Génomique Végétale*

Intitulé :

Analyse méiotique et palynologique de quelques génotypes de la lentille cultivée (*Lens culinaris* Medik).

Présenté et soutenu par : *SERRAR Ikram*

Le : 18/07/2019

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mr. *BENBELKACEM Abdelkader* (DR - INRA Constantine).

Encadrant : Mme. *HAMMOUDA Dounia* (MCA - UMC Constantine).

Examineur : Mr. *KELLOU Kamel* (MAA - UMC Constantine).

*Année universitaire
2018 - 2019*

Principales abréviations

| Abréviations | Significations |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| C.N.C.C | National Center of Control and Certification of seeds and plants (Constantine). Algeria. |
| CMP | Cellules mères de pollen. |
| E | Largueur des grains de pollen |
| E | Axe équatorial |
| FAO | Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. |
| G | Génération. |
| I.C.A.R.D.A | International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. |
| I.T.G.C | Institut de techniques des grandes cultures. |
| L | Longueur des grains de pollens |
| L/E | Le rapport de longueur sur largeur |
| Lp | Longueur de pore |
| lp | Largueur de pore |
| Ls | Longueur de sillon |
| ls | Largueur de sillon |
| P | Axe polaire |

Liste des figures

| Figures | Titres | Pages |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figure 01 | Zones d'aptitude de la culture de la lentille en Algérie. | 01 |
| Figure 02 | Morphologie d'une plante de lentille : (1) Plante, (2) Feuilles, (3) Gousse, (4) Graine. | 06 |
| Figure 03 | Cycle biologie de lentilles : (1) Graine, (2) Germination, (3) Croissance, (4) Floraison, (5) Fructification. | 07 |
| Figure 04 | Forme d'un chromosome. | 10 |
| Figure 05 | Les Différents stades de la méiose : (a) Zygotène, (b) Pachytène, (c) Diplotène, (d) Métaphase I, (e-f) Anaphase I, (g) Télophase I, (h) Prophase II, (i) Métaphase II, (j) Anaphase II, (k) Télophase II . | 15 |
| Figure 06 | Mécanisme de crossing-over. | 16 |
| Figure 07 | (a) les mutations de types structure, (b) diagramme des différents pourcentages des mutations. | 20 |
| Figure 08 | Grain de pollen de génotype « Métropole » de l'espèce <i>lens culinaris</i> prise par un photo microscope Leica DM 4000 B Led. | 21 |
| Figure 09 | Structure de grain de pollen Observée par « un microscope électronique ». | 22 |
| Figure 10 | Grain de pollen de génotype « Dahra » de l'espèce <i>Lens culinaris</i> sort des loges des anthères des étamines prise par une photo microscope Leica DM 4000 B Led. | 23 |
| Figure 11 | Les types des grains de pollen : (a): pollen de forme arrondie sans ballonnets (b): avec ballonnets (inaperturé). | 24 |
| Figure 12 | (a) pollen de forme arrondie avec pore(s) (poré) , (b) avec sillon(s) (colpé) (c) avec pore et sillon(s) (colporé) . | 24 |
| Figure 13 | Identification des grains de pollens chez différents végétaux. | 25 |
| Figure 14 | Représentation schématique de la microsporogénèse chez les angiospermes. Orange : noyau diploïde, jaune : noyau haploïde. | 26 |
| Figure 15 | Cytocinèse, mode de dépôt de la callose et forme des tétrades chez les angiospermes. | 28 |
| Figure 16 | Génotypes du <i>Lens culinaris</i> utilisés. | 30 |
| Figure 17 | L'observation sous le photo microscope Leica DM 4000 B Led. | 31 |
| Figure 18 | Les graines de génotype « Métropole » sont placée dans un pot au niveau de laboratoire de cytogénétique. | 33 |
| Figure 19 | Les tiges et les racines de génotype « Métropole » commencent à grandir. | 33 |
| Figure 20 | Le bourgeon de génotype « Métropole » apparais et s'ouvre et donne naissance à cette fleur sous serre. | 34 |
| Figure 21 | Traitement des grains de pollen de lentille par le carmin acétique après une observation au binoculaire. | 34 |

| | | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figure 22 | Coloration des lames qui contient des pollens de 7 différents génotypes de <i>Lens culinaris</i> par carmin acétique. | 35 |
| Figure 23 | Les différentes étapes de la division méiotique des cellules mères polliniques de 6 génotypes de l'espèce <i>Lens culinaris</i> observés au microscope photonique (X100). Echelle 10 µm. | 37 |
| Figure 24 | Principales types de bivalents observés en Métaphase I observé au microscope photonique (X100). | 38 |
| Figure 25 | Taux de longueur et largeur de pollens de 7 différents génotypes de « <i>Lens culinaris</i> ». | 42 |
| Figure 26 | Mesures (L, E) de la taille des grains de pollens (x100) de génotype « Idlep2 ». (L) Longueur (E) largeur des grains de pollen. | 42 |
| Figure 27 | Taux de rapport Longueur sur largeur des grains de pollen de 7 génotypes de lentille « <i>Lens culinaris</i> ». | 43 |
| Figure 28 | Taux de longueur et largeur de sillon des grains de pollen de 7 génotypes de lentille « <i>Lens culinaris</i> ». | 44 |
| Figure 29 | Mesures (Ls, ls) de taux de sillon des grains de pollens (x100) de génotype « Idlep2 ». (Ls) Longueur (ls) largeur de sillon des grains de pollen. | 44 |
| Figure 30 | Taux de longueur et largeur de pore des grains de pollen de 7 génotypes de lentille « <i>Lens culinaris</i> ». | 45 |
| Figure 31 | Mesures (Lp, lp) de taux de pore des grains de pollen (x100) de génotype « Nil45 ». (Lp) Longueur (lp) largeur de pore des grains de pollen. | 45 |
| Figure 32 | Pourcentage des grains colorés de différents génotypes chez la lentille <i>Lens culinaris</i> . | 47 |
| Figure33 | Pollens observés au microscope photonique (X10) chez 7 génotypes du <i>Lens culinaris</i> . (c)-(e) représentent les anthères avec ses pollens. Les flèches indiquent le pollen non viable. Echelle 50 µm. | 48 |
| Figure 34 | Grain de pollen de génotype « Métropole » de l'espèce <i>Lens culinaris</i> prise par un photo microscope Leica DM 4000 B Led. | 50 |
| Figure 35 | Pollen observé au microscope photonique (a) vue équatoriale de génotype « Dahra », (b) vue polaire de génotype « Balkane ». | 50 |
| Figure 36 | Les anomalies associées aux méioses polliniques observées au microscope photonique (X100) chez les génotypes « Redjas », « Dahra », « Idlep3 », « Idlep4 », « Syrie », de l'espèce <i>Lens culinaris</i> . | 52 |
| Figure 37 | Etape de méioses polliniques en télophase de génotype « Redjas » de l'espèce <i>Lens culinaris</i> observée au microscope photonique (X100).Echelle 10µm. | 54 |
| Figure 38 | A- Pollen étranger (Indiquer par une flèche) à côté de grain de pollen de l'espèce <i>Lens culinaris</i> . B- pollen de tableau de référence | 57 |
| Figure 39 | Plante d'Ambroisie. | 57 |

Liste des tableaux

| Tableaux | Titres | Pages |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Tableau 01 | Liste des géotypes de l'espèce <i>Lens culinaris</i> introduits dans les analyses méiotiques et palynologiques. | 29 |
| Tableau 02 | Les caractères biométriques de 7 géotypes de <i>Lens culinaris</i> Medick. | 41 |
| Tableau 03 | Le pourcentage de viabilité de 7 géotypes chez <i>Lens culinaris</i> . | 46 |
| Tableau 04 | Les formes de pollen selon le rapport P/E. | 49 |
| Tableau 05 | Les valeurs du rapport L/E de 7 géotypes chez <i>Lens culinaris</i> attribuées aux différentes formes. | 49 |

« La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que de l'information ».

Albert Einstein.

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier 'DIEU' tout puissant de m'avoir donné le courage, la force, la santé, la patience et la volonté d'entamer et de finir ce mémoire dans de bonnes conditions.

*Je remercie vivement mon encadreur, **Hammouda Dounia** d'avoir encadré ce travail avec beaucoup de compétences :*

Merci pour votre indéfectible disponibilité, et pour m'avoir apporté la rigueur scientifique nécessaire à son bon déroulement, qu'il soit rassuré de ma profonde gratitude, et la confiance que vous m'avez accordée au cours de l'élaboration de ce mémoire, merci pour l'acuité de vos critiques et pour vos conseils éclairés .

Je tiens fortement à remercier:

Monsieur 'BENBELKACEM A', de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de mon mémoire et pour avoir bien voulu lire ce mémoire.

Monsieur 'KELLOU K', d'avoir accepté de faire partie du jury, d'examiner et juger ce modeste travail.

Je remercie tous mes enseignants de l'Université des Frères Mentourie dans tout le cycle de ma scolarité qui m'ont éclairée la voie du savoir.

Je ne saurais oublier d'exprimer toute ma sympathie à l'ensemble du personnel de laboratoire de recherche de Génétique, Biochimie et Biotechnologies Végétales, de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université Constantine 1.

Enfin, je remercie chaleureusement, tous mes proches et tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce travail.

Dédicace

Je dédie le fruit de mes 24 bougies d'étude aux plus précieux des trésors :

A ma tendre mère

Affable, honorable, aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence. La source de tendresse aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner, et ton encouragement qui m'a approchée l'envie d'aller plus loin, même et surtout lorsque la situation semblait objectivement désespérée, que 'DIEU' te protège et te prête une longue et heureuse vie.

A mon cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être et pour avoir cru en moi tout au long de ce fastidieux parcours, que Dieu te garde et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse combler de bonheur.

A mon petit frère

Tu as su m'accompagner dans cette épreuve, comme tu l'as fait dans chaque étape de ma vie, Il faut que tu sache que sans toi mon existence ne sera plus que peine, solitude et désespoir, merci d'être toujours là pour moi.

A mes chers grands-pères et ma grand-mère,

Vous êtes un trésor du passé qui éclaire mon présent, un repère afin de construire mon avenir, que Dieu vous préservez du mal, vous comblez de santé, de bonheur et vous procurez une longue vie.

A la mémoire de ma grand-mère,

*Qui a été toujours de mon esprit et dans mon cœur, j'aurais tant aimé qu'elle soit présente.
Qu'ALLAH ait ses âmes dans sa sainte miséricorde.*

A mes cousins et cousines et à toute ma famille sans exception,

Car sans eux ce travail n'aurait pas vu le jour.

A mes très chers amis

Abdelkader et Iheb qui ont été une aide précieuse, et un soutien à la fois scientifique et psychologique tout au long de mon parcours universitaire, que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible.

A mes camarades de la post graduation : promotion 2018-2019.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des Tableaux

Remerciement

Dédicace

Introduction 01

Chapitre1- Données bibliographiques

1. Généralités sur les légumineuses..... 03

2. Distribution géographique et origine du *Lens culinaris* 03

3. Biologie du *Lens culinaris* Medik 05

3.1. Description de la lentille cultivée..... 05

3.2. Classification botanique..... 06

3.3. Cycle biologique 07

4. Importance agro-économique, nutritionnelle et scientifique de la lentille..... 08

5. Exigence écologique et croissance de lentille..... 09

6. Rappels cytogénétiques..... 10

6.1. Définitions..... 10

1.1. Chromosome 10

1.2. Rôle des chromosomes B..... 10

1.3. Pont chromosomique..... 11

1.4. Chromosomes retardataires..... 11

1.5. Micronoyaux..... 12

6.2. Le comportement méiotique..... 12

2.1. Étapes de la Méiose..... 12

2.2. La recombinaison méiotique..... 15

6.3. Les mutations chromosomiques..... 16

3.1. Anomalies de nombre..... 16

3.2. Anomalies de structure..... 18

7. Rappels palynologiques..... 21

7.1. La palynologie..... 21

1.1. Pollen..... 21

1.2. Intérêt de la palynologie..... 25

7.2. Relation entre la méiose et la palynologie..... 26

Chapitre 3- Matériel et méthodes

1- Matériel..... 29

2- Méthodes utilisées..... 30

2.1. Etude méiotique..... 30

| | |
|---------------------------------------------|----|
| 2.2. Etude palynologique..... | 32 |
| Chapitre 4- Résultats et discussion | |
| IV.1. Résultats..... | 36 |
| 1.1. Analyse méiotique..... | 36 |
| 1.2. Analyse palynologique..... | 40 |
| IV.2. Discussion | 51 |
| 2.1. Analyse du comportement méiotique..... | 51 |
| 2.2. Analyse palynologique..... | 55 |
| Conclusion et perspectives | 58 |
| Références bibliographies | 60 |
| Résumé | |
| Abstract | |
| ملخص | |

Introduction

Introduction

Au sens de la FAO, le terme, 'légumineuses' désigne les plantes récoltées pour l'obtention des grains secs, à l'exclusion des plantes récoltées vertes ou utilisées principalement pour l'extraction d'huile. Les légumineuses telles que les lentilles, les haricots, les pois et les pois chiches constituent une part importante du panier alimentaire de base de nombreuses populations (FAO, 2006).

Parmi les légumineuses les plus consommées, citons la lentille cultivée, qui est aujourd'hui cultivée dans la plus part de la région subtropicale et dans l'hémisphère du nord comme le Canada et la région nord-ouest du Pacifique (Abraham, 2015).

L'espèce *Lens culinaris* Medik ($2n=2x=14$) est une légumineuse de domaine traditionnel en Asie à l'ouest, l'Ethiopie et l'Afrique du Nord (Alghamdi et al., 2013., Brink et Belay, 2006., Staginnus et al., 1999). Cette légumineuse a également, été introduite au Nord et au Sud d'Amérique. La lentille fait partie de l'alimentation humaine, la paille peut également être utilisée comme aliment de qualité supérieure pour le bétail ou en tant que source de matières organiques pour l'amélioration des sols (Anonyme, 2000). On estime que la consommation mondiale de lentilles a augmenté d'environ 3% par année. (Saskatchewan, 2000).

Cette espèce est classée en deux sous espèces selon la taille de la graine : s.s.p *macrosperma* est prédominant principalement en Afrique du Nord, en Europe et en Amérique (diamètre supérieur à 6 mm), tandis que La s.sp *microsperma* (diamètre inférieur à 6 mm) domine en Asie, en Egypte, et en Ethiopie (Brink et Belay, 2006).

En Algérie, beaucoup de variétés de lentilles cultivées sont disparu. De nos jours la lentille cultivée est soit locale de mélanges variables ou d'origine européenne. Plusieurs variétés ont été introduites, et plusieurs nouvelles d'entre elles ont été sélectionnées en fonction de leur capacité d'adaptation aux différentes conditions agro climatiques rencontrées dans le pays (FAO, 2006).

Notre travail sur les deux études cytogénétique et palynologique est réalisées au laboratoire de « Génétique, Biochimie et Biotechnologies végétales », sur les ressources phytogénétiques de la lentille cultivée « *Lens culinaris* ». Nous portons une attention particulière à l'analyse du comportement méiotique et la recherche des aberrations chromosomiques surgies lors des manipulations d'une part. D'autre part, étudier et caractériser la forme des grains de pollen,

et le test de viabilité du pollen par un examen microscopique, des 9 géotypes étudiés (Idleb2, Idleb3, Idleb4, Dahra, Syrie229, Redjas, Nil45, Balkane755, Métropole), du fait que la qualité des grains de pollen constitue un facteur déterminant du rendement « Taux de fertilité des grains de pollen ». Et on termine, par la mise en évidence la relation entre les deux études.

Le mémoire est structuré en 3 chapitres :

- Le premier chapitre comprend des données de connaissances de la lentille, et consiste également aux rappels cytogénétiques et palynologiques *du «*Lens culinaris* Medik »*.
- Le deuxième chapitre comprendra le matériel et les méthodes appliquées.
- Un troisième et le dernier chapitre portera sur l'interprétation et discussion des résultats ainsi qu'une conclusion de cette étude.

***Synthèse
Bibliographique***

1. Généralités sur les légumineuses

Les légumineuses : sont classées parmi les angiospermes, il s'agit de la troisième plus grande famille des angiospermes en nombre d'espèces (après les Orchidaceae et les Asteraceae), avec 727 genres et près de 20000 espèces (**Cronk et al., 2006**). Les espèces sont des herbes naines de l'Arctique et des montagnes aux immenses arbres des forêts tropicales (**Judd et al., 2001**). Les formes arborescentes sont prédominantes dans les pays chauds et les formes herbacées dans les régions tempérées (**Guignard et Dupont, 2005**). La classification phylogénétique APG III (2009) divise ce groupe en 3 sous familles, deux sont monophylétiques (Papilionoideae (Fabacées), Mimosoideae) et la troisième para phylétique (Caesalpinoideae) (**Guignard et Dupont, 2005**).

« Les Fabacées avec 10000 espèces représentent d'ailleurs la plus grande partie des légumineuses ».Elles constituent de loin le groupe le plus important de plantes participant à la fixation de l'azote avec des bactéries symbiotiques (**Raven et al., 2000**).

Deux groupes de légumineuses peuvent être distingués :

- Les légumineuses fourragères (trèfle, luzerne, sainfoin...) consommées soit directement par pâturage des prairies, soit récoltées sous forme de fourrage, voire déshydratées.
- Les légumineuses cultivées pour leurs graines. Dans cette catégorie, on distingue encore : Les espèces à graines riches en protéines et en huiles, classées comme oléagineux (soja, arachide, ...) et les espèces à graines riches en protéines, classées comme protéagineux (pois, féverole, fève,...) ou légumes secs (haricot, lentille, pois chiche,...) (**Zhu et al., 2005**).

2. Distribution géographique et origine du *Lens culinaris*

La lentille cultivée (*Lens culinaris*) est l'une des anciennes légumineuses sèches cultivées dans le monde (**Abraham, 2015**).

Le centre d'origine de la lentille cultivée se situe au Proche-Orient (**Zohary, 1972**), d'où elle s'est diffusée vers la Méditerranée, en Asie, en Afrique et en Europe.

La lentille est maintenant cultivée partout dans le monde : sous-continent indien, Moyen-Orient, Afrique du Nord, Europe du Sud, le Nord et le Sud d'Amérique et en Australie

(Chahota *et al.*, 2007), et dans l'hémisphère du nord comme le Canada et la région nord-ouest du Pacifique (Abraham, 2015).

« Sa Situation en Algérie »

En Algérie, la culture des légumineuses alimentaires, fait partie du paysage agricole depuis des millénaires dans des zones agro-écologiques, et sont utilisées dans la rotation avec les céréales. La culture des lentilles occupe que 1,5% de la totalité des zones réservées aux légumineuses alimentaires, cette culture s'étale sur les deux régions de l'est d'Algérie : Mila avec (2124 ha) et Constantine avec (1091 ha) (Hammadi *et al.*, 2018).

On distinguait les lentilles de culture autochtone et les lentilles de culture européenne. Les premières, cultivées depuis un temps ancestral sont de formes diverses, principalement à petites graines, très appréciées des Algériens (INRAA, 2006). La lentille tend à disparaître du paysage agricole, car très peu de surfaces restent emblavées avec cette culture, ses zones de prédictions sont : Les hautes plaines (Tiret, Saida, Sétif) ; les plaines intérieures (Bouira, Média, Mila) (INRAA et FAO, 2006) (Figure 01).



Figure 01 : Zones d'aptitude de la culture de la lentille en Algérie (ITGC, 2013).

Aujourd'hui, Beaucoup de variétés de lentilles cultivées ont disparu, donc la lentille cultivée est soit locale de mélanges variables ou d'origine européenne.

Plusieurs variétés ont été introduites, et plusieurs nouvelles d'entre elles ont été sélectionnées en fonction de leur capacité d'adaptation aux différentes conditions agro climatiques rencontrées dans le pays (INRAA et FAO, 2006).

3. Biologie du *Lens culinaris* Medik

3.1. Description générale de la plante

Description morphologique

La lentille est une plante annuelle herbacée diploïde $2n=14$, de 20 à 72 cm de haut la figure 02 montre les différentes étapes de la description morphologique de la lentille.

Les tiges

Sont dressées et très rameuses et ont une croissance indéfinie (**Saskatchewan, 2002 ., Anonyme, 2000**).

Les feuilles

Sont pennées et comportent jusqu'à 10 paires de folioles (**Street et al., 2008**).

Les fleurs et la floraison

Sont de couleur blanche ou bleu pâle et groupées par petites grappes de deux à quatre.

Le calice est régulier, à cinq dents étroites et relativement longues (**Vandenberg et Slinkard, 1990**).

La floraison estivale intervient entre mai et juillet (**Brink et Belay, 2006**).

Les fruits

Sont des gousses aplaties, courtes, contenant deux graines aplaties en forme caractéristique de disque faiblement bombé (**Vandenberg et Slinkard, 1990**).

La couleur des grains varie selon les variétés des plus pâles (vert pâle, blond, rose) au plus foncé (vert foncé, brun, violacé...) (**Wenger 2004, Saxana, 2009**).



Figure 02 : Morphologie d'une plante de lentille : (1) Plante, (2) Feuilles, (3) Gousse
(4) Graine.

<https://images.search.yahoo.com>.

3.2. Classification botanique

Le nom scientifique « *Lens culinaris* » a été donné à la plante (lentille cultivée), en (1787) par le botaniste et physicien Allemand : MEDIKUS (Alihan et Munqez, 2013).

La taxonomie du Lens est comme suit :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Super division : Spermophyta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : *Lens*

Espèce : *Lens culinaris* Medik.

3.3. Cycle biologique

La lentille est habituellement autogame, mais la pollinisation croisée par les insectes peut atteindre 1% (Brink et Belay, 2006). Lorsque les températures sont optimales, les graines de lentille germent en 5 à 6 jours. La floraison débute 6 à 7 semaines après le semis. Le cycle de croissance est de 80 à 110 jours pour les cultivars à cycle court, et de 125 à 130 jours pour les cultivars à cycle long (Bejiga, 2006).

D'après (Schwartz et Langham, 2012) le Cycle biologique de lentille comprend deux phases :

-Phase végétative : cette phase comprend deux stades : la croissance et la production des feuilles.

-Phase reproductive : elle est représentée par la floraison, la fructification et la production des graines (Schwartz et Langham, 2012) (Figure 03).

La multiplication de lentille se multiplie par graines.

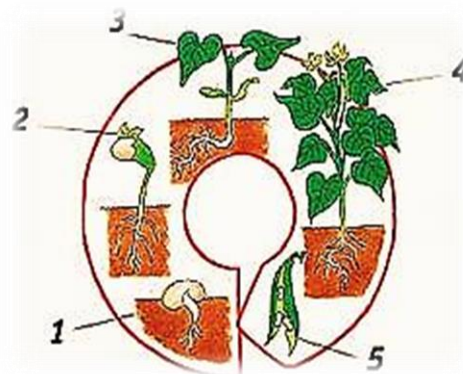


Figure 03 : Cycle biologique de lentilles : (1) Graine, (2) Germination, (3) Croissance (4) Floraison, (5) Fructification.

<https://images.search.yahoo.com>

4. Importance agro-économique, nutritionnelle et scientifique de la lentille

4.1. Agronomique

Parmi les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées c'est le *Lens*, leur intérêt agronomique provient en premier lieu de leur aptitude à la fixation symbiotique de l'azote, qui leur permet l'enrichissement des sols en azote, la réduction des intrants, et préservation (**Journet et al., 2001**).

Cependant la lentille entre en rotation avec les céréales dans la plupart des zones de production céréalières leur permettent de contribuer à la fertilisation azotée en fixant et en intégrant une partie de l'azote atmosphérique dans le système (**Babo, 2002**), Cela représente le meilleur moyen de produire des protéines végétales dans le cadre d'une agriculture respectueuse de l'environnement (**Baudoin, 2001**).

De telles rotations permettent le contrôle des mauvaises herbes et la rupture des cycles biologiques de plusieurs maladies et insectes (**Rizk, 1966**).

4.2. Economique

La production mondiale de lentilles en 2011 a été estimée auprès de 4,4 millions tonnes sur une aire totale de 4,2 millions d'hectares (**Faostat-Agriculture, 2011**).

Les principaux pays producteurs sont le Canada (1531900 tonnes sur 998400 ha) et l'Inde (943800 tonnes sur 1597400ha) En Afrique du nord, le principal pays producteur est le Maroc (45438 t sur 57980 d'ha).

La culture des légumineuses alimentaires a fait l'objet de beaucoup d'attention de la part des services agricoles pour augmenter les superficies et améliorer les niveaux de rendements, mais les résultats n'ont pas été à la hauteur des efforts consentis (**Abdelguerfi, 2003**). C'est pourquoi, la production locale de la lentille (3800 tonnes sur 3700 ha) reste très faible au regard des importations qui s'élèvent à 93432 tonnes (**Faostat-Agriculture, 2011**).

4.3. Nutritionnel

La lentille fait partie de l'alimentation de base, elle est surtout cultivée pour ses graines mûres. Sur le plan nutritionnel, la lentille constitue une composante importante de la ration alimentaire de nombreuses familles vers le monde, pour lesquelles elle fournit des protéines essentielles et des calories (**Brink et Belay, 2006**),

La paille est aussi utilisée comme aliment de qualité supérieure pour le bétail ou comme source de matière organique pour l'amélioration des sols (**Anonyme, 2000**).

4.4. Importance scientifique et industrielle

Les légumineuses alimentaires comme la lentille tiennent une part très importante des travaux accomplis dans des domaines aussi divers que l'agronomie, la génétique, l'entomologie, la phytopathologie et la physiologie (**Baudoin et al., 2001**).

Les principaux objectifs de recherche, sur les légumineuses à graines cherche à la fois à sécuriser la nodulation, à assurer la complémentarité entre les voies d'assimilation et de fixation de l'azote, et assurer une meilleure remobilisation de l'azote des feuilles et des tiges vers les graines.

Beaucoup d'espèces de Fabacées sont cultivées dans le monde entier comme espèces ornementales (dans les jardins, comme les arbres d'ombre), ou utilisées comme engrais verts, fourrage pour le bétail, fourrage pour les abeilles mellifères, pâtes pour la production de papier, bois, ainsi que les sources de produits chimiques (les teintures, la partie tanins), huiles industrielles, de la nourriture, l'aromathérapie) et les médicaments (**Doyle and Luckow, 2003**).

5. Exigence écologique et croissance de lentille

La lentille pousse à des températures moyennes de 6-27°C, mais elle ne convient pas aux régions tropicales chaudes et humides. Elle nécessite une pluviométrie annuelle d'environ 750 mm et un temps sec au moment de la récolte. La lentille est une culture de saison fraîche avec une résistance modérée à la sécheresse et haute température, et généralement elle a besoin de jours longs pour fleurir. Elle peut se cultiver sur de nombreux types de sols, depuis les sols sableux à argileux assez lourds. La plante ne supporte pas les sols gorgés d'eau, et elle ne tolère ni l'inondation, ni la salinité. Un pH avoisinant 7 convient le mieux à la lentille (**Anonyme, 2000, Brink et Belay, 2006**).

Le cycle de croissance est de 80–110 jours pour les cultivars à cycle court et de 125–130 jours pour les cultivars à cycle long (**Brink et Belay, 2006**). Un gel intense ou prolongé et des températures bien supérieures à 27° C affectent énormément la croissance.

6. Rappels cytogénétiques

6.1. Définitions

1.1. Chromosome

C'est une structure cellulaire microscopique (la forme condensée de la chromatine), représentant le support physique des gènes et de l'information génétique (**Danielson, 2016**). Deux chromatides reliés par un centromère apparaissent au moment de la division cellulaire (**Figure 04**), chaque chromosome est formé :

- D'une molécule d'Acide Désoxyribonucléique (ADN).
- Des protéines (**Malan et al., 2012**).

Le nombre des chromosomes est variable selon l'espèce. Leur rôle principal est : la transmission du patrimoine génétique et l'expression des gènes (**Tahiri, 2015**).

Le chromosome au sens microscopique n'est donc pas un élément stable de la cellule mais une structure dynamique et transitoire.

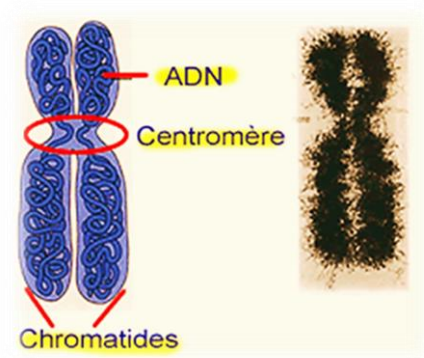


Figure 04 : Forme d'un chromosome.

<https://www.google.com/search?q=Forme+d%E2%80%99un+chromosome>.

1.2. Rôle des chromosomes « B »

L'apparition des chromosomes "B" est une forme d'adaptation des espèces dans des conditions défavorables et difficiles. Selon la région, cette adaptation se traduit par la présence de ces chromosomes.

Les chromosomes B sont nommés les chromosomes surnuméraires ou mes extra chromosomes, typiquement ils ont peu d'effet sur le phénotype d'un individu (**Jones et**

Hoben, 2008), ils sont présentes dans 15% des espèces eucaryotes (**Maria Teruel et al., 2009**) et leur nombre varie d'une espèce à l'autre de zéro à plusieurs (**Jonathan, 2007**).

Des études de biologie moléculaire ont montré que la majorité des chromosomes B contient l'ADN répétitif, en outre l'ADN ribosomique, l'ADN centromérique et télomérique, ainsi que les transposant qui sont fréquemment présents chez les chromosomes surnuméraires (**Camatchou, 2005**). Lors de la division cellulaire, les chromosomes B sont généralement délétés par ce qu'ils créent un dosage déséquilibré en ADN, la survie de ces chromosomes dépend donc d'avoir un avantage de transmission pendant la méiose (**Camatchou, 2005**).

En effet la distribution étendue des chromosomes B pourrait suggérer des effets bénéfiques pour leur hôtes (**Burt et Trivers, 2006**).

Selon (**Reiger et al., 1991**) les chromosomes B sont caractérisés par :

- Leur petite taille
- Leurs indispensabilités à l'espèce qu'elle les possède.
- La variance entre les cellules, tissus, individus et populations.

1.3. Pont chromosomique

Le pont chromosomique dans les lignes des cellules mères de pollen (CMP) consanguines provoquées par des réarrangements chromosomiques ou par collage chromosomique a été reporté par **Defani-scoarize et al., (1995a, 1996b)**. Ces ponts sont principalement causés par des mutations de types inversions paracentriques hétérozygotes (**Brandham, 1969b**), ou sont également causés par la rupture et la fusion des chromatides (**Newman, 1966**).

Wang et al., (2010) ont mentionné que les irrégularités dans l'appariement chromosomique contribuent à la production de chromosomes et de micronoyaux retardataires (**Defani et al., 1995**).

1.4. Chromosomes retardataires

Un chromosome est marqué comme un retardataire s'il était localisé à une **anaphase tardive** assez loin derrière les chromosomes correctement séparés qu'il ne chevauche pas avec eux. Il est important de noter qu'il n'y a pas une définition standardisée de l'anaphase. Certains considèrent qu'un chromosome est un retardataire seulement s'il reste immobilisé dans l'interzone, non inclus dans le noyau de la fille, devenant un micronoyau. D'autres, définissent un retard par sa position anaphase par rapport aux chromosomes non-lâches, indépendamment de son destin ultime, des retardataires qui sont devenus des micronoyaux, la majorité inhibait la cytokinésie et donc conduisait probablement à la

production de cellules avec des compléments chromosomiques diploïdes plutôt que des cellules aneuploïdes (Marie et al., 2007).

1.5. Micronoyau

Un micronoyau est un petit noyau qui se forme à partir d'un chromosome retardataire ou d'un fragment de chromosome qui ne s'intègre pas dans le noyau principal. Ces chromosomes isolés dans l'espace où les fragments de chromosomes se condensent également, formant un petit noyau rond entouré par sa propre membrane nucléaire. Il a été rapporté que la cytokinèse peut générer directement certaines perturbations structurales (rupture du chromosome, rupture de l'enveloppe nucléaire) en raison du piégeage de la chromatine à partir des chromosomes retardataires ou des ponts chromosomiques dans le sillon du clivage (Tamara et Gary, 2017).

6.2. Comportement méiotique

2.1. Étapes de la Méiose

La méiose est un mode de division cellulaire particulier qui constitue la contre partie nécessaire de la fécondation : à la suite de deux divisions successives, une cellule diploïde ($2n$ chromosomes) donne naissance à un groupe de quatre cellules filles (tétrade) haploïdes (n chromosomes).

Cette réduction chromatique compense exactement le doublement du nombre de chromosomes qui résulte de la fécondation et assure la permanence du stock chromosomique au cours des générations successives.

Au point de vue cytologique, la méiose consiste en la succession de deux méioses :

- Division hétérotypique ou réductionnelle (méiose I)

C'est une division au cours de laquelle le nombre des chromosomes est réduit de moitié. Elle commence par une prophase longue au cours de laquelle les chromosomes homologues s'accolent. D'autre part, la télophase peut n'être qu'ébauchée ou même totalement absente (Deysson, 1976).

Prophase I:

Cette phase est divisée en cinq stades successifs (**Wettstein et al.,1984, Zickler & Kleckner, 1999**):

a/ Stade leptotène

Dans le noyau un peu gonflé apparaissent des chromosomes grêles, à peine spiralés et ne présentant pas de clivage longitudinal visible. Souvent, ces chromosomes convergent vers un pôle du noyau (disposition dite en bouquet).

b/ Stade zygotène

Cette étape est caractérisée par l'appariement des chromosomes homologues qui s'alignent directement l'un en face de l'autre et se tiennent ensemble en plusieurs points sur leur longueur (synapsis) qui facilite la fusion en maintenant ensemble les chromosomes alignés. (**Figure 05 a**).

Chaque paire de chromosomes ainsi accolées est appelé **un bivalent (ou tétrade)**.

Qui peuvent se présenter sous différentes formes de bivalents : **bivalents en anneaux, bivalents droits, et bivalents en V**.

Ces bivalents forment ensuite, la plaque équatoriale.

c/ Stade Pachytène

Les chromosomes homologues de chaque paire deviennent très enroulés, plus courts et plus épais. La fin de ce stade est souvent appelée strepsiptère où les chromosomes commencent à se cliver (**Figure 05 b**).

d/ Stade diplotène

Les chromosomes recombinants homologues commencent à se séparer mais reste joints aux points où le croisement a eu lieu, ils restent attachés en endroits où on a une structure en forme de croix appelée **chiasma**, formée par un phénomène particulier nommé **crossing-over** (**Figure 05 c**)

e/ Stade diacinèse

Séparation des chromosomes homologues. Les chromosomes peuvent être condensés au maximum, ils deviennent très courts et donc plus maniables pour la suite des mouvements

qu'ils vont subir. Au cours de ce stade, le nucléole puis la membrane nucléaire disparaissent (Hamant, Ma, & Cande, 2006; Pawlowski & Cande, 2005) et le fuseau se forme.

Métaphase I

Les paires de chromosomes homologues s'alignent à la plaque équatoriale, guidés par les microtubules du fuseau. C'est le hasard qui détermine lequel des deux homologues se place d'un côté ou de l'autre de la plaque (Figure 05 d).

Anaphase I

Les chromosomes homologues migrent vers les pôles du fuseau (Figure 05 e-f).

Télophase I

Lorsque les chromosomes sont parvenus à chaque pôle, de nouvelles membranes nucléaires se différencient mais les chromosomes se modifient peu et conservent en général leur individualité (Figure 05 g). Une cytotélerèse se produit parfois.

- Division homéotypique ou équationnelle (méiose II)

C'est une méiose qui suit immédiatement la division réductionnelle et maintient le nombre haploïde des chromosomes.

Prophase II

Cette phase est courte. Les filaments de chromatine formant les chromatides sœurs d'un chromosome se condensent (Figure 05 h).

Métaphase II

Les chromosomes sont à l'équateur de la cellule. Les chromatides sœurs ne sont pas collés sur toute leur longueur contrairement à ce qu'on observe à la mitose (Figure 05 i).

Anaphase II

Les centromères se divisent et les chromatides sœurs se séparent et migrent vers les pôles opposés (Figure 05 j).

Télophase II

Les chromatides se décondensent pour former quatre tétra spores (**Figure 05 k**).

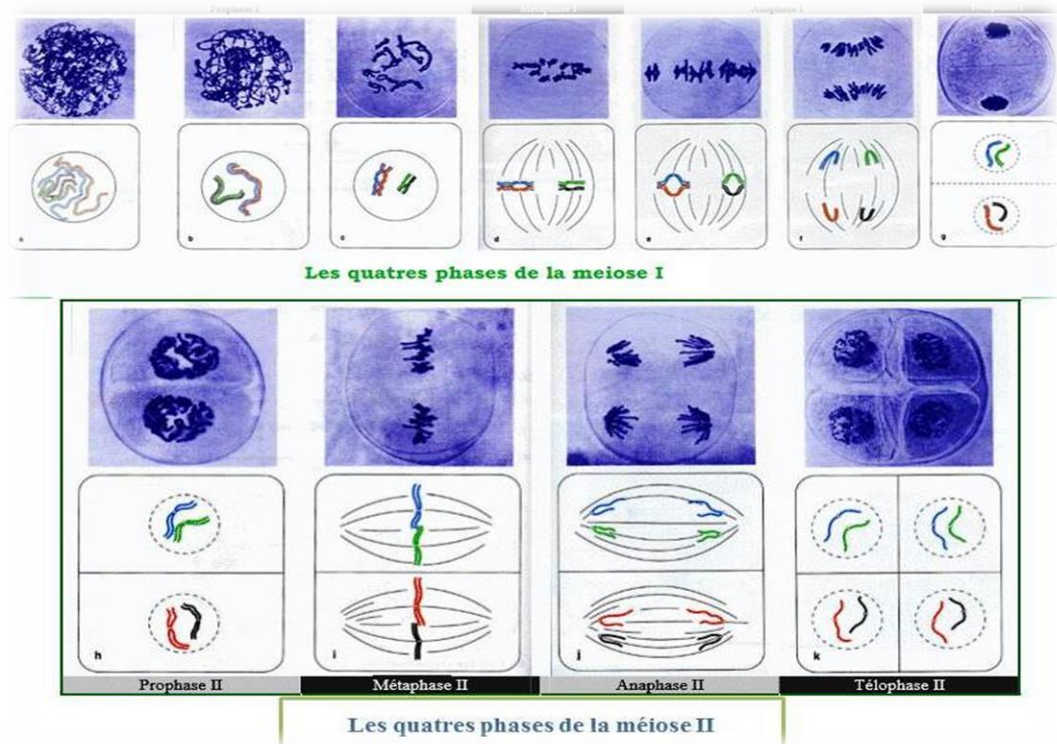


Figure 05 : Les Différents stades de la méiose : (a) Zygotène, (b) Pachytène, (c) Diplotène, (d) Métaphase I, (e-f) Anaphase I, (g) Télophase I, (h) Prophase II, (i) Métaphase II, (j) Anaphase II, (k) Télophase II (**Deysson, 1976**).

<https://www.google.com/search?q=les+quatre+phases+de+la+m%C3%A9iose>.

2.2. La recombinaison méiotique

La formation d'échanges chromosomiques, autrement appelés crossing-overs, est un processus crucial dans la méiose. En effet, la recombinaison méiotique est primordiale en permettant la création de la diversité et contribuent aussi à l'évolution des espèces par le biais du brassage des allèles paternels et maternels et en établissant des connexions physiques (les chiasmata) entre les chromosomes homologues afin de maintenir leur attachement jusqu'à leur ségrégation, et ainsi permettre une séparation correcte des bivalents (**GenesDev, 1997**).

Ils sont visualisables en microscopie optique sous forme d'une structure appelée chiasma (Figure 06).

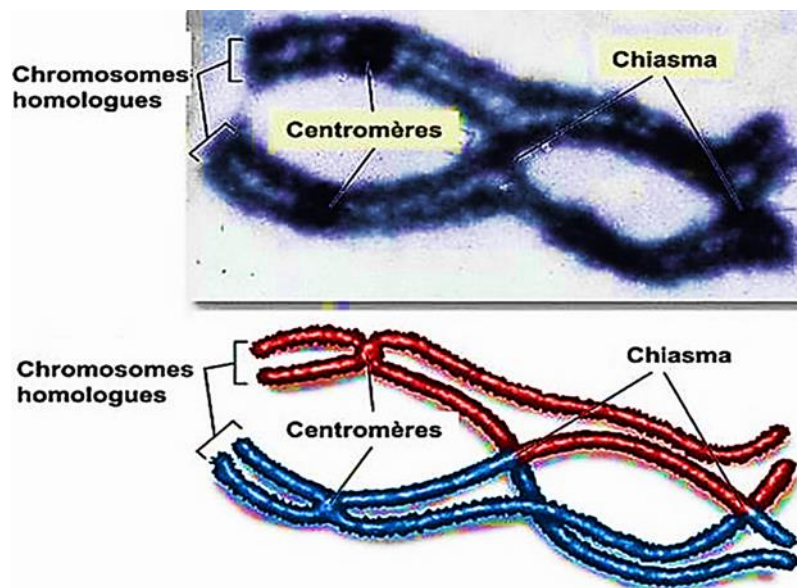


Figure 06 : mécanisme de crossing-over.

<https://images.search.yahoo.com>

6.3. Les mutations chromosomiques

Les mutations chromosomiques: correspondent à des cassures ou des remaniements de chromosome. Ces mutations chromosomiques sont visibles au niveau du caryotype. Ces mutations sont deux types:

- Anomalies de nombre
- Anomalies de structure.

3.1. Anomalies de nombre

Euploïdie

Une euploïdie caractérise une cellule qui possède deux ou plusieurs lots complets de chromosomes ($2x$, $3x$, $4x$ nx) un changement dans le nombre de chromosomes implique tout le stocke chromosomique. Cette euploïdie peut aboutir à la polyploïdisation (plusieurs niveaux), Ou **polyploïdie**. La polyploïdie, ou l'assortiment de plusieurs jeux complets de

chromosomes dans un noyau, est un facteur important dans l'évolution des génomes des eucaryotes. Elle est fréquente chez les plantes, particulièrement chez les angiospermes (**Wolfe 2001, Adams et Wendel 2005, Soltiset al., 2009**). D'après **Love (1964)**, les polyploïdes représentent 90% des ptéridophytes, plus de 50% des monocotylédones et 30% des dicotylédones. **Stebbins (1966)** rapporte que la polyploïdie est beaucoup plus fréquente chez les angiospermes 30 à 33 % que les gymnospermes.

Aneuploïdie

C'est un phénomène cytologique qui peut être défini par l'existence de plus de deux chromosomes homologues par paire chromosomique (hyper diploïdie) ou par l'absence d'un ou des deux chromosomes dans une paire homologues (hypo diploïdie). Dans le cas d'une disjonction normale, les chromatides d'un chromosome se séparent à chaque pôle cellulaire pendant la division mitotique, mais parfois, une mauvaise ségrégation chromosomique peut se produire et amener à l'observation du phénomène de l'aneuploïdie. La non-disjonction des chromosomes pendant la mitose ou la méiose est l'origine principale de l'aneuploïdie (**Bond et Candeley, 1983 ., Martin et Rademarker, 1990**). Ainsi, à la différence des altérations chromosomiques structurales (telles que délétions, duplications, inversions et translocations), les aberrations numériques sont habituellement causées par des dommages infligés sur l'appareil micro tubulaire menant à la perte ou au gain de chromosomes durant la division cellulaire (**Dixon et Wilson, 2000**).

Toutefois, deux processus classiques amènent à l'aneuploïdie (**Seane et al., 2000 , Kirsh-Volders et al., 2002**) :

- La non-disjonction

Quand les chromatides d'un chromosome ne se séparent pas correctement et ainsi, le chromosome entier migre à un seul pôle. Cette ségrégation anormale va produire deux cellules descendantes aneuploïdes. Une des cellules va avoir un chromosome supplémentaire et est appelée cellule hyperploïde (ex : trisomie $2n + 1$ pendant la mitose ou disomie $n + 1$ pendant la méiose).

L'autre cellule va avoir un chromosome en moins et est appelée cellule hypoploïde (ex : monosomie $2n - 1$ pendant la mitose ou nullisomie $n - 1$ pendant la méiose) (**Turleau et Prieur, 2000**).

*** La perte de chromosomes**

Quand un chromosome ou une chromatide reste en arrière, à l'équateur, et ne migre pas au pôle correspondant. C'est le phénomène de retard dans l'ascension anaphasique. Dans le premier cas, deux cellules sœurs hypoploïdes vont être produites. Dans le second cas, une cellule sera diploïde et l'autre hypoploïde.

*** L'extra-réplication d'un chromosome**

Quand une erreur de réplication d'un chromosome se produit à un moment de la méiose, ainsi, une extra-copie d'un chromosome est générée.

3.2. Anomalies de structure

Les anomalies de structure sont la conséquence de cassures chromosomiques suivies par un ou plusieurs recollements anormaux. Par définition les trisomies et les monosomies partielles résultent de remaniements de structure. Les anomalies de structure peuvent affecter un chromosome ou deux chromosomes homologues ou non homologues, parfois davantage.

Elles peuvent être équilibrées ou non équilibrées. Les anomalies équilibrées n'entraînent pas de déséquilibre du matériel chromosomique et n'ont habituellement pas d'effet phénotypique. Une situation très particulière est celle où la cassure en interrompant un gène entraîne une maladie génétique, chez l'animal et l'homme (**Figure 07 a**).

3.2.1. Aberration portant sur un chromosome

a. Délétions

Elles résultent d'une cassure chromosomique avec perte du segment distal (délétion terminale), ou de deux cassures sur un même bras chromosomique avec perte du segment intercalaire (délétion intercalaire). Les délétions terminales supposent un mécanisme de restitution d'un télomère pour assurer la stabilisation du chromosome (**Turleau et Prieur, 2000**).

b. Duplications

Sont des variations structurales qui correspondent à des fragments génomiques présents en une seule copie dans un génome et qui sont présents en plusieurs copies dans un autre génome.

c. Inversions

Elles sont dues à deux cassures sur le même chromosome, suivies de recollement après inversion du segment intermédiaire. Elles sont dites péricentriques si le centromère est compris dans le segment intermédiaire. Elles sont dites paracentriques si les deux cassures se sont produites sur le même bras chromosomique.

d- insertion

Les insertions se traduisent par le transfert d'un segment intercalaire à l'intérieur d'un autre bras chromosomique.

3.2.2. Aberrations portant sur deux chromosomes

Il s'agit essentiellement de translocations. Une translocation est caractérisée par deux cassures sur deux chromosomes différents, le plus souvent non-homologues, et recollement après échange des segments distaux. On distingue les formes majeures les translocations réciproques.

a- Translocations-réciproques

Ces translocations sont dues à des échanges de segments chromosomiques entre deux chromosomes, les points de cassure s'étant produit ailleurs que dans les régions juxta-centromériques des acrocentriques.

Les translocations par échange de bras entiers sont des cas particuliers de translocation réciproque.

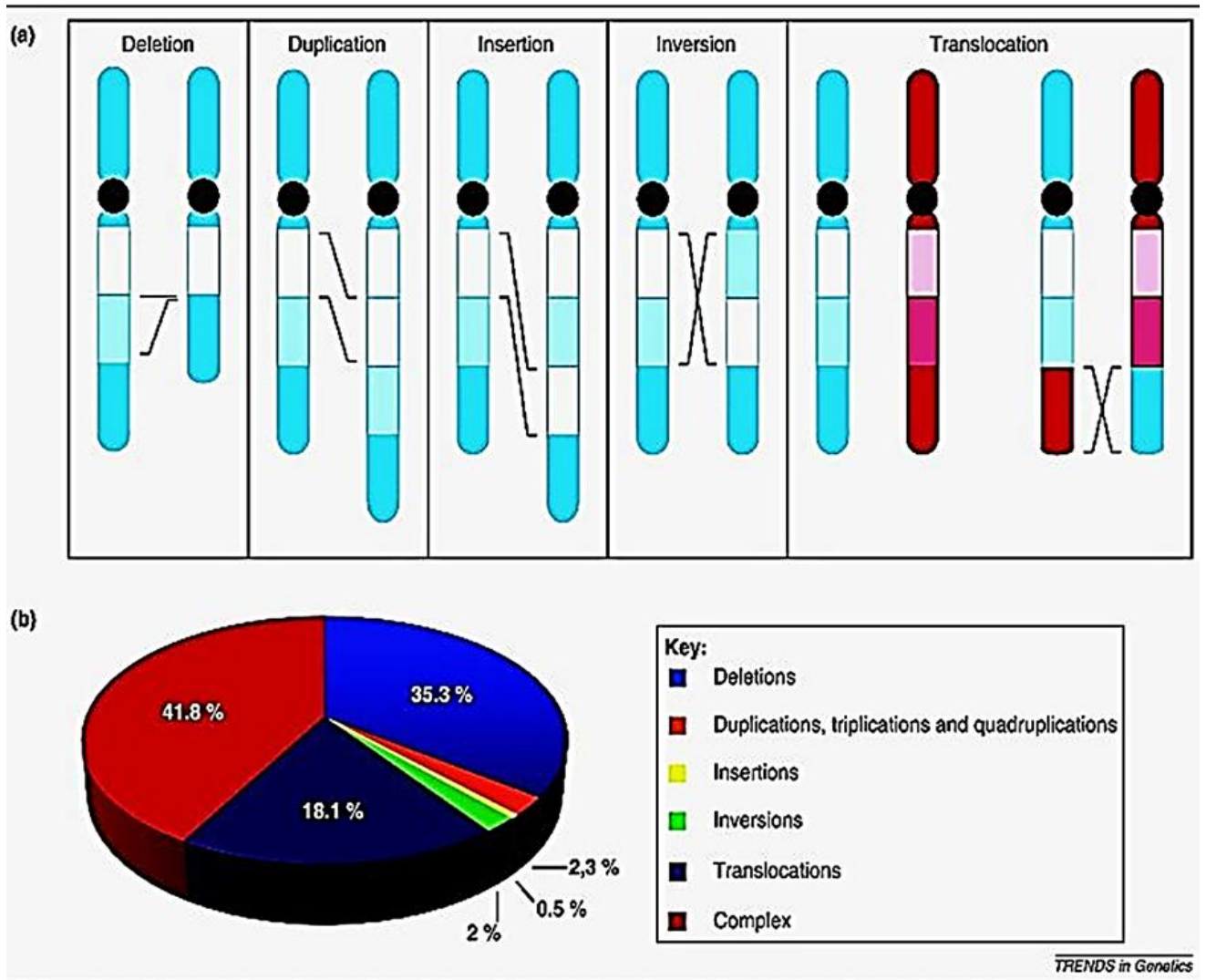


Figure 07 : (a) les mutations de types structure, (b) diagramme des différents pourcentages des mutations.

7. Rappels palynologiques

7.1. Palynologie

La palynologie est l'étude de la forme et des caractéristiques morphologiques des grains de pollen. Cette discipline permet de déterminer la plante qui produit le pollen (Maghini *et al.*, 2013).

1.1. Pollen

L'explication du mot pollen est donnée dans le dictionnaire Universel des lettres et des Arts de Bouillet 1862 (in : Renault-Miskovsky et Petzold, 1992) comme suit : Pollen (mot latin) poussière le plus souvent jaune, très fine, renfermée dans les loges des anthères des étamines avant la fécondation.

Le grain de pollen est le gamétophyte mâle qui assure la transmission génétique mâle dans la reproduction sexuée des végétaux supérieurs ou spermaphytes (Cerceau-Iarrival, 1983) (Figure 08).

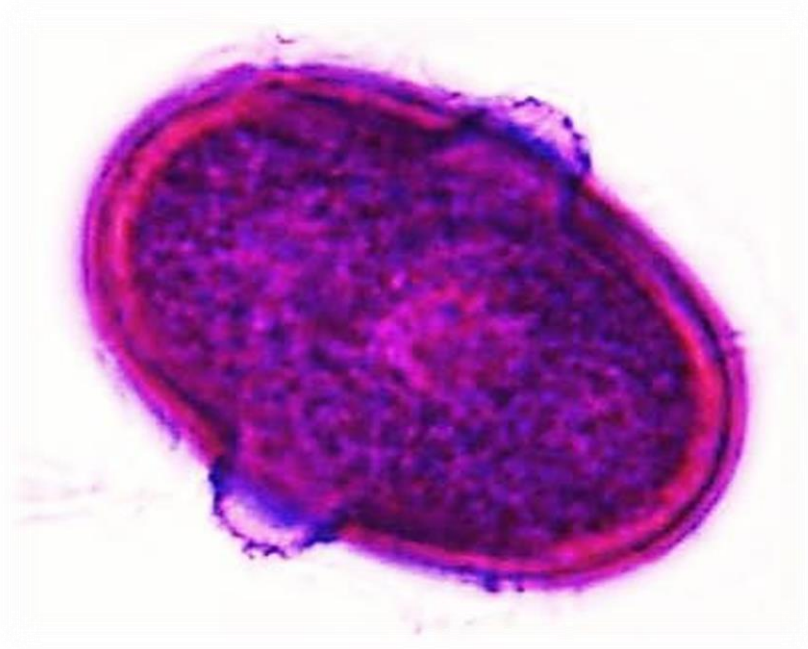


Figure 08 : Grain de pollen de génotype « Métropole » de l'espèce *Lens culinaris* prise par un photo microscope Leica DM 4000 B Led.

1.1.1. Structure de grain de pollen

Un pollen est constitué de plusieurs cellules destinées à intervenir dans la fécondation des organes femelles, Ces cellules sont enfermées dans une enveloppe protectrice constituée schématiquement de deux parties l'intine et l'exine (**Erdtman, 1966 ; Edlund et al., 2004**) (**Figure 9**) .

- L'intine (couche interne)

De nature pectocellulosique, n'est pas structurée son prolongement donne la paroi du tube pollinique (**Thibaudon et al., 1992 in Aimeur, 2004**).

- L'exine

Formée de sporopollénine (matière organique terpénique polymérisée) qui n'est détruite que par oxydation. Elle est très résistante aux dégradations d'origine chimique, physique ou microbienne. Elle assure une protection mécanique de matériel génétique inclus dans le pollen, et une certaine imperméabilité (**Kress et Stone, 1982 in Aimeur, 2004**).

Cette enveloppe comporte une ou plusieurs (ouvertures ou apertures) de forme caractéristiques (pores ou sillons) qui permettent le passage du tube pollinique lors de la germination du pollen sur le stigmate de la fleur femelle et servent de porte d'entrée pour l'eau ou d'autres substances (**Furness et Rudall 1999; 2004**).

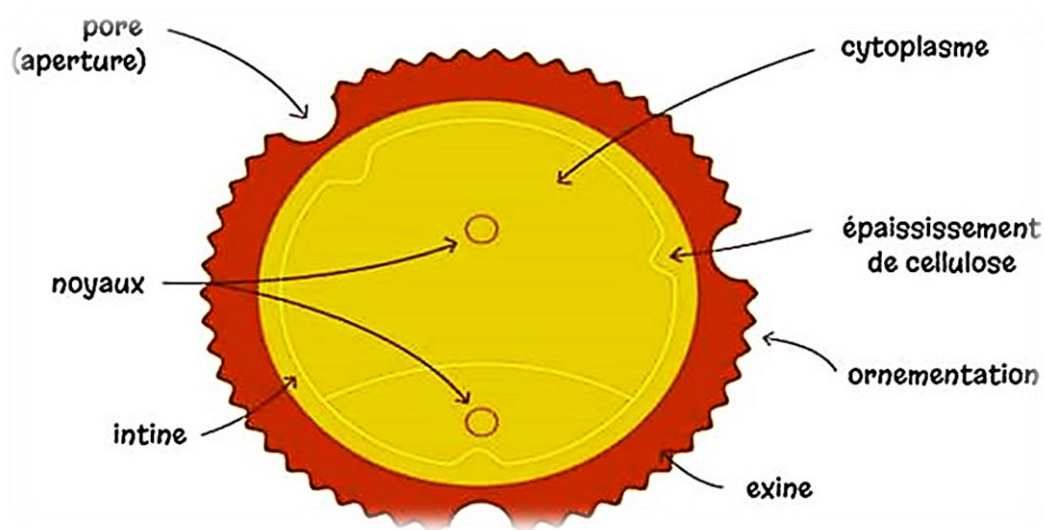


Figure 09 : Structure de grain de pollen Observée par« un microscope électronique »

Ce tube assurera la fécondation en transportant les gamètes mâles jusqu'à l'ovule, permettant ainsi la formation d'une graine.

Sa surface est en général porteuse d'une ornementation spécifique.

« L'ornementation de l'exine varie selon les espèces. Elle va permettre d'identifier à quel végétal appartient le grain de pollen, elle n'est visible qu'au microscope électronique ».



Figure 10 : Grain de pollen de génotype « Dahra » de l'espèce *Lens culinaris* sort des loges des anthères des étamines prise par un photo microscope Leica DM 4000 B Led.

1.1.2. Classification des grains de pollen

Parmi les paramètres qui permettent de classer les grains de pollens, nous citons :

a- La présence ou non de pores ou de sillons :

- Sans ouvertures (ni pore ni sillon) : pollen inaperturé (**Figure 11**).
- Pores seules (petites ouvertures circulaire).
- Sillons seules (ouverture très allongée).
- Sillons et pores peuvent coexister : pollen colpore (**Figure 12**).

b- L'aspect de la surface (ornementation et structure de l'exine).

c- La taille et allongement peuvent aussi être pris en compte.



Figure 11: les types des grains de pollen :
(a): pollen de forme arrondie sans ballonnets **(b):** avec ballonnets
(inaperturé)

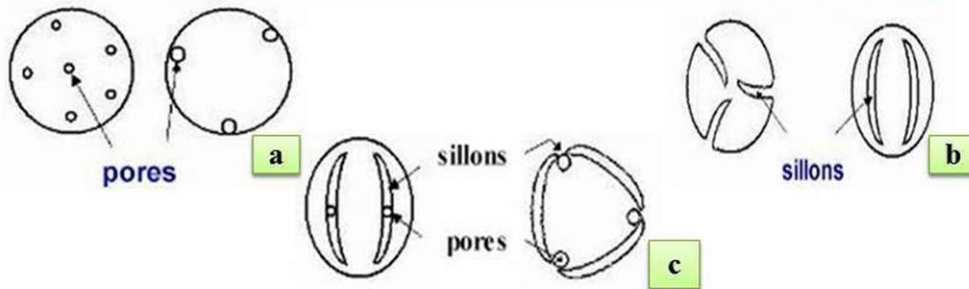


Figure 12 : **(a)** pollen de forme arrondie avec pore(s) **(poré)**, **(b)** avec
sillon(s) **(colpé)** **(c)** avec pore et sillon(s) **(colporé)**.

1.1.3. Les différentes formes du grain de pollen

Chaque pollen est caractéristique d'une espèce, il est donc possible à partir d'un pollen observé au microscope de retrouver l'espèce de végétal à fleur qui l'a produite. Les pollens s'identifient grâce à la forme de leurs grains et à la texture de leur surface. Les grains de pollens sont sphériques ou ovales, généralement jaunes, voire foncés, parfois rougeâtres ou verdâtres.

L'illustration ci-dessous permet d'identifier les caractéristiques des pollens au microscope **(Figure 13)**.

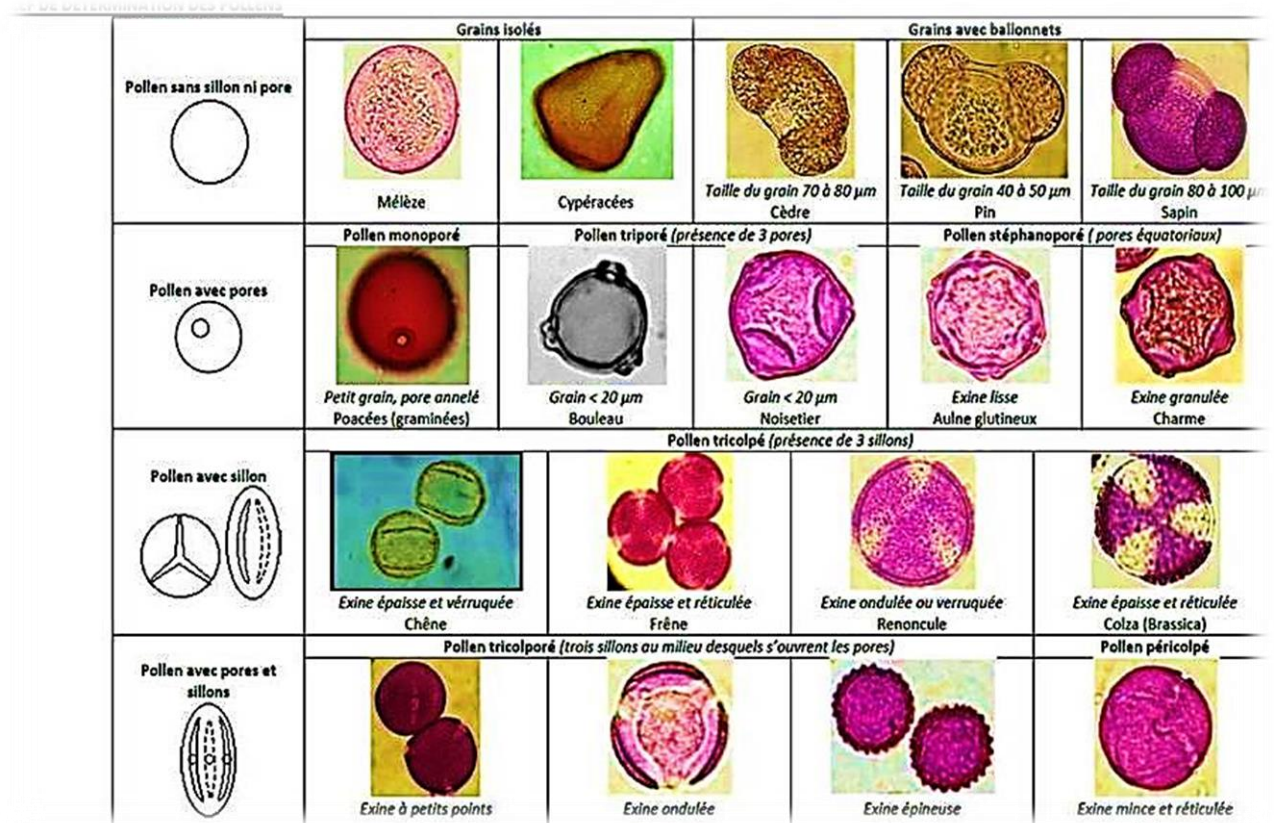


Figure 13 : Identification des grains de pollens chez différents végétaux

file:///C:/Users/Acer/Downloads/identification_des_pollens.pdf.

1.1.4. La viabilité des grains de pollen

C'est la capacité du pollen à germer. Son évaluation à partir d'un pollen fraîchement récolté ou encore conservé, est conseillée avant son utilisation pour la pollinisation. Elle contribue aussi à sélectionner le meilleur type de pollen car provenant de mâles génétiquement différents et possédant des degrés variables de viabilité (Djerbi, 1994).

1.2. Intérêt de la palynologie

Wodehouse (1928) indique que dans certaines familles, les grains de pollen de toutes les espèces sont très semblables (Poacées, Brassicacées) alors que dans d'autres familles, le pollen est plus diversifié (Astéracées, Fabacées)

Pons (1958) considère que l'étude de la morphologie pollinique est «un bon secours pour tester et analyser l'espèce, unité fondamentale de la systématique» et permettre ainsi la compréhension de la phylogénie des espèces.

Ce sont particulièrement l'architecture extrêmement variée de l'exine, ainsi que le nombre et le type d'ouvertures, qui constituent les principales caractéristiques permettant de déterminer, avec plus ou moins de précision, la position systématique du grain de pollen (Moore, 1978., Punt et al., 1994 ., Duluqo et Tulon, 1998 ., Furness et Rudall, 2004 ., Milne, 2005).

Suivant les espèces retrouvées, on peut donc avoir des informations sur le climat et l'environnement qui existaient à cette époque ; on reconstitue donc le paléoclimat et le paléoenvironnement.

Exemples :

- L'Aulne glutineux est un arbre qui pousse dans des milieux humides. On le retrouve dans les régions froides ou tempérées.
- Le Platane est un arbre qui exige beaucoup de lumière et de chaleur, on ne le trouve donc pas en forêt. Il est présent sous les climats tempérés ou méditerranéens.

7.2. Relation entre la méiose et la palynologie

La microsporogénèse, ou méiose mâle des angiospermes, comprend l'ensemble des étapes permettant de passer d'une cellule mère diploïde à quatre microspores haploïdes, par l'intermédiaire de la méiose (Figure14).

Avant de se diviser, la cellule mère s'entoure d'une paroi de callose. Suivent alors la première et la deuxième division de méiose. Des parois de callose se forment entre les microspores, qui restent assemblées dans des tétrades avant que la callose ne soit dégradée à la fin de la microsporogénèse, libérant ainsi les microspores, qui constituent les futurs grains de pollen.

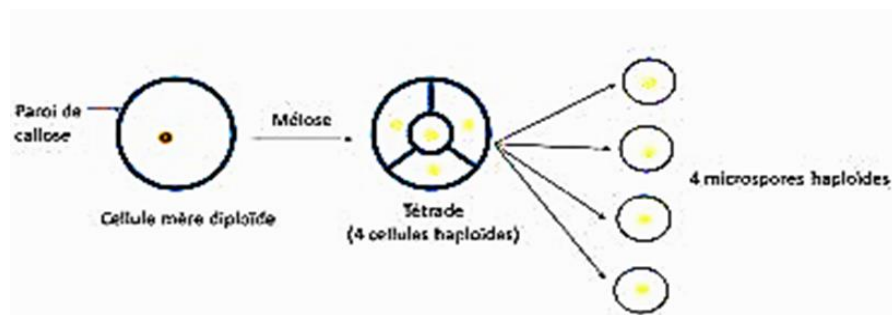


Figure 14 : Représentation schématique de la microsporogénèse chez les angiospermes.

Orange : noyau diploïde, **jaune** : noyau haploïde.

<https://www.google.com/search?q=:+Représentation+schématique+de+la+microsporogénèse+chez+les+angiospermes>

- Détermination du type apertural lors de la microsporogénèse

Il a été proposé depuis un certain temps que les apertures se forment au niveau des derniers points de contact entre les microspores (**Wodehouse, 1935**). Cette hypothèse repose notamment sur l'observation de tétrades figées, où on voit nettement des sortes de ponts entre les microspores. Ces ponts correspondent à la position des futures apertures.

Lors de la microsporogénèse, des parois de callose se forment entre les microspores, mais ces parois (ou plans) peuvent se former de manière successive ou simultanée.

Dans le cas d'une **cytocinèse successive** :

Une première paroi se forme après la première caryocinèse, puis une deuxième paroi après la deuxième caryocinèse.

Dans le cas d'une **cytocinèse simultanée** :

Toutes les parois se forment en même temps, après la deuxième caryocinèse. Le mode de dépôt de la callose lors de la cytocinèse peut être centripète ou centrifuge, et la croissance de la callose peut se faire le long des plans de division, ou le long des bordures de la tétrade.

Enfin, il existe diverses formes de tétrades, les plus fréquentes étant les tétrades tétraédriques, tétraogonales, rhomboïdales et décussées (**Figure 15**).

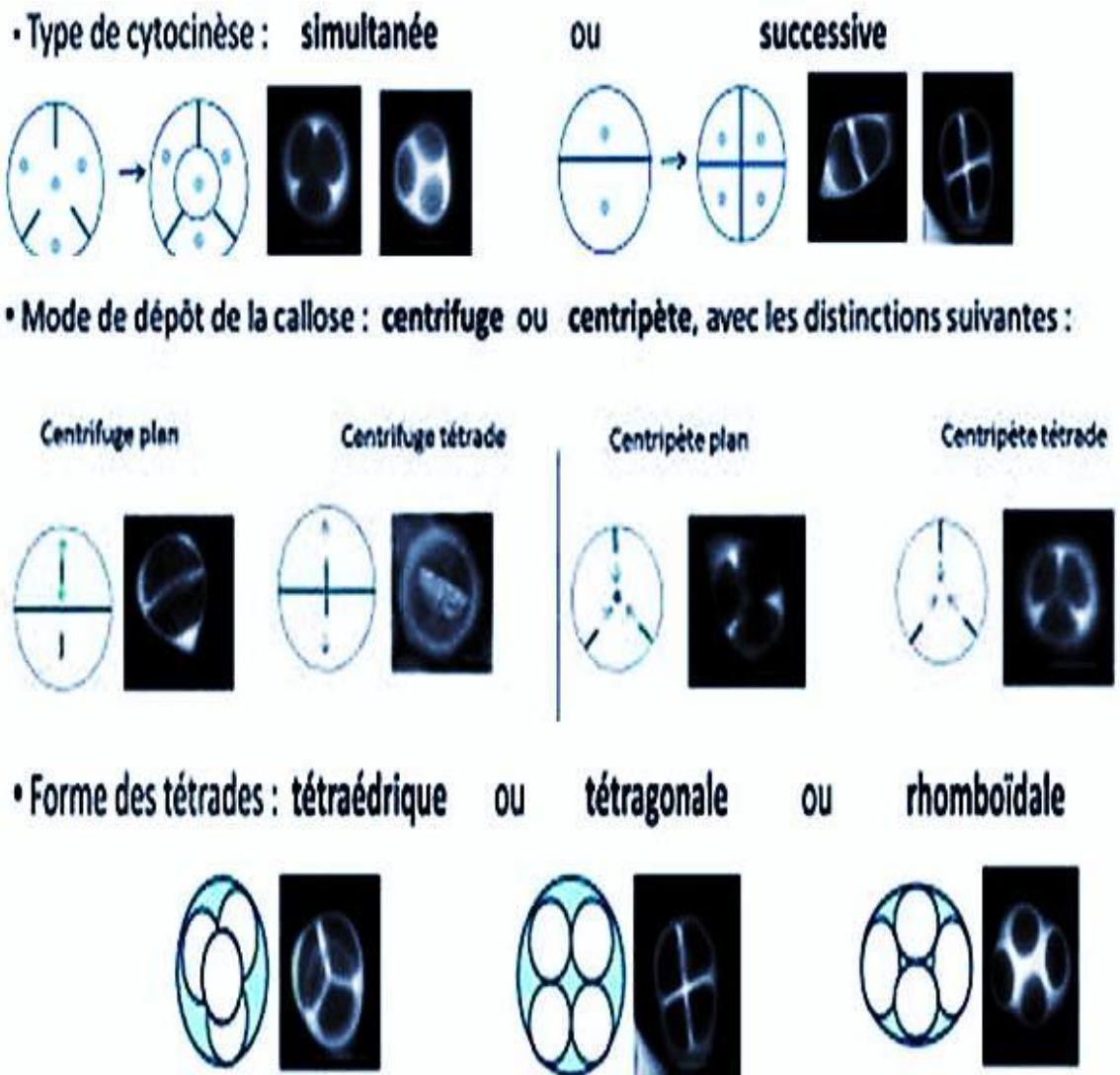


Figure 15 : Cytokinèse, mode de dépôt de la callose et forme des tétrades chez les angiospermes (Ressayre et al., 2002) .

***Matériels et
Méthodes***

1. Matériel

Le matériel d'étude est constitué de 9 géotypes (**Figure 16**), appartenant à une espèce cultivée : *Lens culinaris* Medik ssp (*Microsperma* et *Macrosperma*) ($2n=2x=14$). Ces derniers sont fournies par l'institut technique de grandes cultures (I.T.G.C) d'El khroub, (I.T.G.C) de Sétif, (ITGC) de Mila, (CNCC) d'El Khroub .

Les origines, les sources et les caractéristiques des géotypes sont décrit dans le **tableau 01**:

Tableau 01: Liste des géotypes de l'espèce *Lens culinaris* introduits dans les analyses méiotiques et palynologiques.

| Espèces | Géotypes | Nombre de chromosomes | G | Origine | Sources |
|-------------------------------------------------|------------|-----------------------|----|--------------------------|-------------------------|
| <i>Lens culinaris</i> Macrosperma | Métropole | 2n=2x=14 | F5 | Isolé en 1994, France | France |
| | Redjas | | / | local Selection | ITGC Mila |
| | Nil45 | | / | ICARDA | CNCC El Khroub |
| | Balkane755 | | / | ICARDA | CNCC El Khroub |
| Microsperma | Idleb2 | | F6 | ICARDA | CNCC El Khroub |
| | Idleb3 | | F6 | ICARDA | ITGC Setif |
| | Idleb4 | | / | ICARDA | CNCC El Khroub |
| | Syrie229 | | F5 | Introduite de Syrie. | I.T.G.C El Khroub |
| | Dahra | | F6 | Sélection locale (Tiert) | ITGC (Sétif) |

G:Génération.

I.T.G.C: Institut de techniques des grandes cultures.

I.C.A.R.D.A: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

C.N.C.C: National Center of Control and Certification of seeds and plants (Constantine).

Algeria

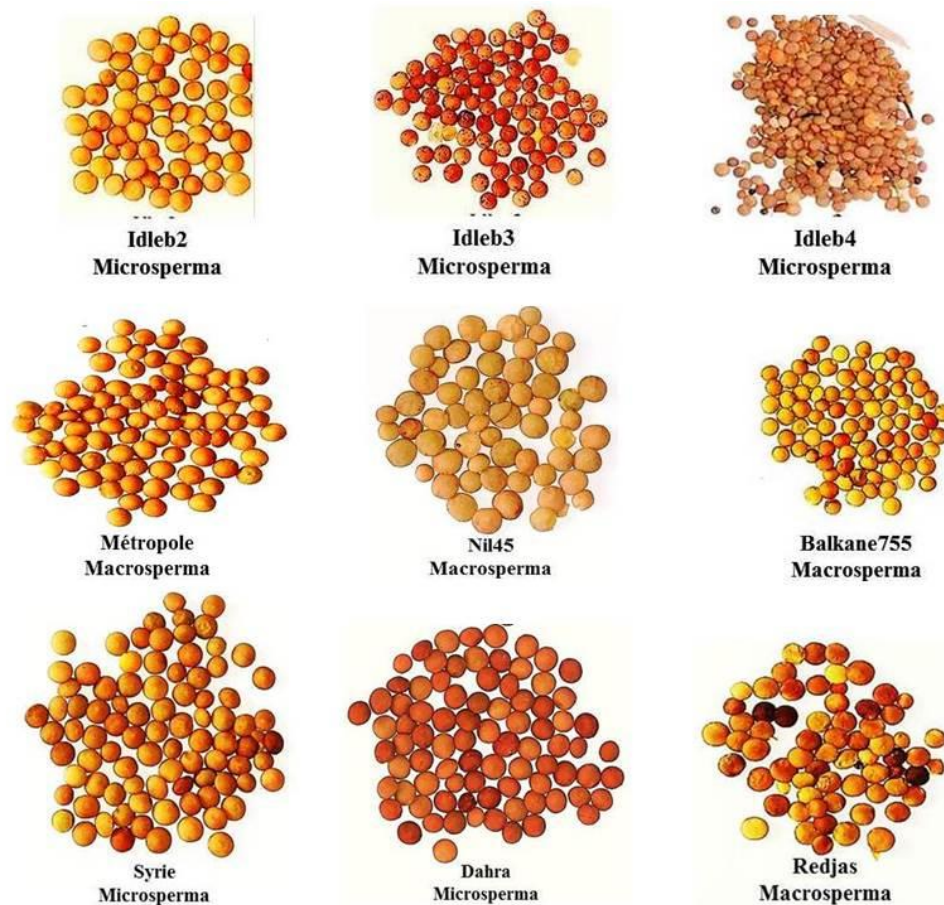
Lens culinaris Medik

Figure 16 : Génotypes du *Lens culinaris* utilisés.

2. Méthodes utilisées

2.1. Etude méiotique

Les analyses méiotiques sont effectuées sur les anthères des 6 génotypes.

L'étude des appariements chromosomiques en méiose est faite en prophase I et en métaphase I dans les cellules mères polliniques (CMP).

La technique décrite par **Jahier, (1992, 2005)** permet un étalement parfait des associations chromosomiques aux stades zygotène et pachytène.

Les différentes étapes de cette technique sont les suivantes :

1. Prélèvement

Le prélèvement des boutons fleurs est effectué le matin.

2. Fixation

Les jeunes boutons floraux sains de différents génotypes sont fixés dans la solution (éthanol-chloroforme-acide acétique 6 :3:1; V/V) pendant 24h, ce fixateur détruit toute vie cellulaire, ils doivent avoir une action rapide pour bloquer toute évolution et des divisions cellulaires et permettent de conserver l'intégrité structurale des chromosomes.

3. Stockage

Les jeunes boutons floraux sont conservés à l'éthanol à 70%, dans le réfrigérateur durant une année.

4. Ecrasement

L'écrasement des boutons floraux se fait entre lame et lamelle dans une goutte de l'acide acétique à 2%, cette étape assure une bonne dispersion des chromosomes.

5. Montage

Les anthères placées sur une lame dans une goutte de carmin acétique de Belling à 2%, sont disséquées sous une loupe binoculaire puis recouvertes avec une lamelle. Après avoir passer la lame sur une flamme pour un léger chauffage, on procède à l'étalement proprement dit en exerçant une forte pression avec le pouce sur la lamelle.

6. Observation et photographie

Les observations et les photographies de meilleures lames sont effectuées à la photo microscope de type Leica DM 4000 B Led Couplé à une caméra.



Figure 17 : Microscope photonique Leica DM 4000 B Led.

2.2. Etude palynologique

2.2.1. Prélèvement des grains de pollen

Le prélèvement des boutons floraux est effectué au stade de gonflement le matin. Les fleurs utilisées pour extraire le pollen sont celles dont la position est toujours la même. Les anthères peuvent être prélevées sur des échantillons conservés des fleurs fraîchement cueillies. Une fois les anthères prélevées, une simple agitation peut faire libérer les grains de pollen avant l'anthèse afin d'éviter tout risque de contamination par un pollen étranger.

2.1.1. Observation et mesure de la morphologie des grains de pollen

La détermination des caractères morphologiques des grains de pollen est réalisée d'après la technique d'acétolyse **d'Erdtman (1966)** modifiée par **Siljak-Yakovlev (1986)**.

Les mesures sont effectuées sur un échantillon de 50 grains de pollen provenant de 7 géotypes.

Les caractères mesurés sont :

- Longueur et largeur du sillon.
- Longueur et largeur de pore.
- la taille du grain de pollen (longueur et largeur).

Les observations sont effectuées au microscope photonique Leica DM 4000 B Led à l'objectif (x 10) pour les mesures et à l'objectif à immersion (x100) pour les détails de la forme.

2.1.2. Test de viabilité du pollen

C'est un test qui permet de différencier le pollen viable du pollen non viable. En effet, pour réaliser ce test, nous avons suivi différentes étapes :

***Germination**

La germination c'est le développement de la jeune plante contenue dans la graine et pour que les graines germent il faut les semer dans la terre dans des conditions favorables, et nous avons pris comme modèle d'expérimentation le géotype de « **Métropole** » qui est très utilisé par les agriculteurs.



Figure 18 : Les graines de génotype « Métropole » sont placée dans un pot au niveau de laboratoire de cytogénétique.

***Croissance et développement**



Figure 19 : Les tiges et les racines de génotype « Métropole » commencent à grandir.

***Floraison**

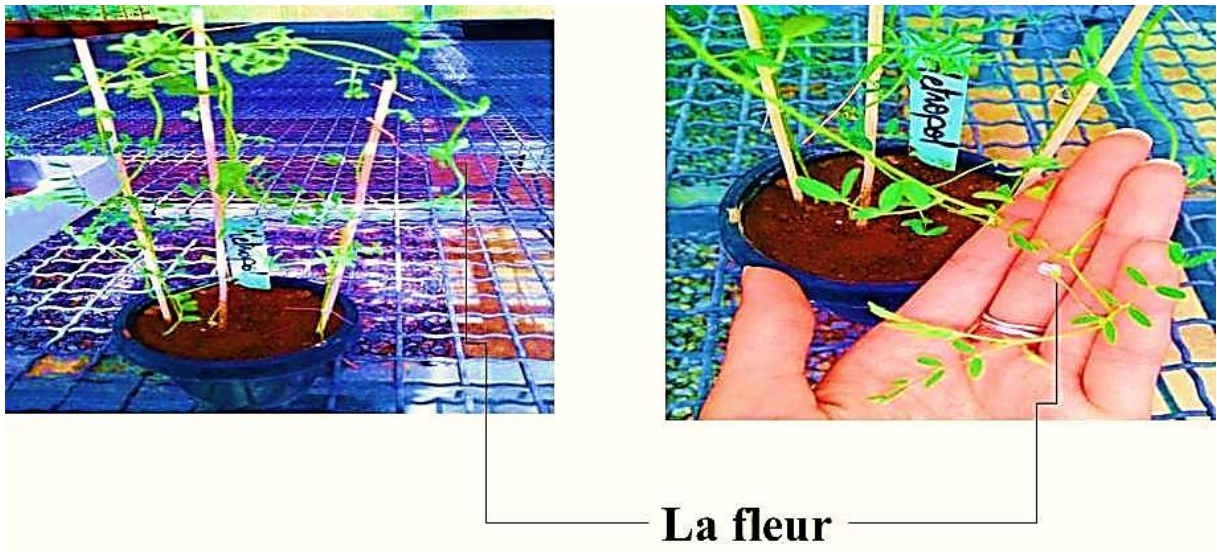


Figure 20 : Le bourgeon de géotype « Métropole » apparaît et s'ouvre et donne naissance à cette fleur sous serre.

***Coloration**

Des anthères sont prélevées à partir de fleurs fraîchement cueillies, colorés dans une goutte de carmin acétique

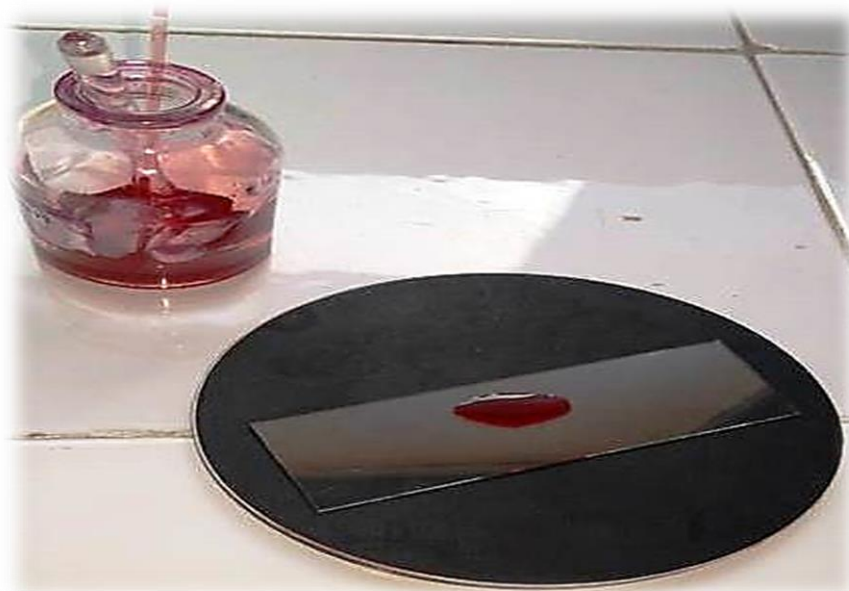


Figure 21 : Traitement des grains de pollen de lentille par le carmin acétique après une observation au binoculaire.

Les grains de pollen sont montés entre lame et lamelle dans une goutte du colorant de carmin acétique (**Figure 22**) dont Tous les déchets sont éliminés au maximum et laisser agir quelques minutes.

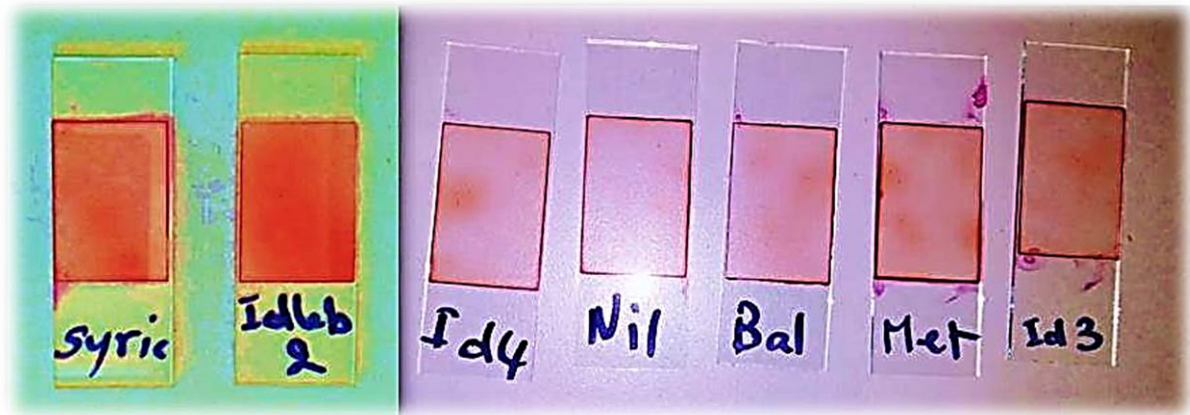


Figure 22 : Coloration des lames qui contiennent des pollens de 7 différents génotypes de *Lens culinaris* par carmin acétique.

Le dénombrement des grains de pollen est observé au microscope optique (x40) et la prise des photos est réalisée au microscope photonique (x10) Leica DM 4000 B Led.

Les pollens viables se colorent en rouge et acquièrent une forme sphérique. Les pollens ne se colorent pas et présentent un aspect ridé.

Ce test est utilisé afin d'estimer la vitalité de pollens en se basant sur le pourcentage de pollens colorés et non colorés, c'est le rapport du nombre des grains de pollen viables (NGPV) sur le nombre total des grains (NGPT) :

Équation

$$V\% = (100) \times \frac{NGPV}{NGPT}$$

Le comptage des grains de pollen viables se fait sur 200 grains au total par fleur.

Résultats Et Discussion

VI. Résultats

1.1. Analyse méiotique

a. Analyse des étapes de la méiose pollinique

Les comportements méiotiques sont analysés au niveau des cellules mères des grains de pollen (CMP) afin :

- D'examiner la fréquence des chiasmas entre et dans les noyaux des différents génotypes
- De noter les anomalies ou aberrations.

Suite aux travaux réalisés par **Hammouda et Khalfallah (2009)** et **Hammadi et al., (2018)** sur l'analyse mitotique approfondie des chromosomes de la lentille, L'étude méiotique nous a conduit à une analyse des stades, afin, d'affirmer ou infirmer si **la méiose est régulière ou irrégulière.**

Nous nous intéressons à l'étude du comportement méiotique et les anomalies chromosomiques sur 6 génotypes de lentille (Idleb3, Idleb4, Dahra, Syrie229, Redjas, et Balkane).

La figure ci-dessous (**Figure 23**) montre les principales phases de la méiose observées.

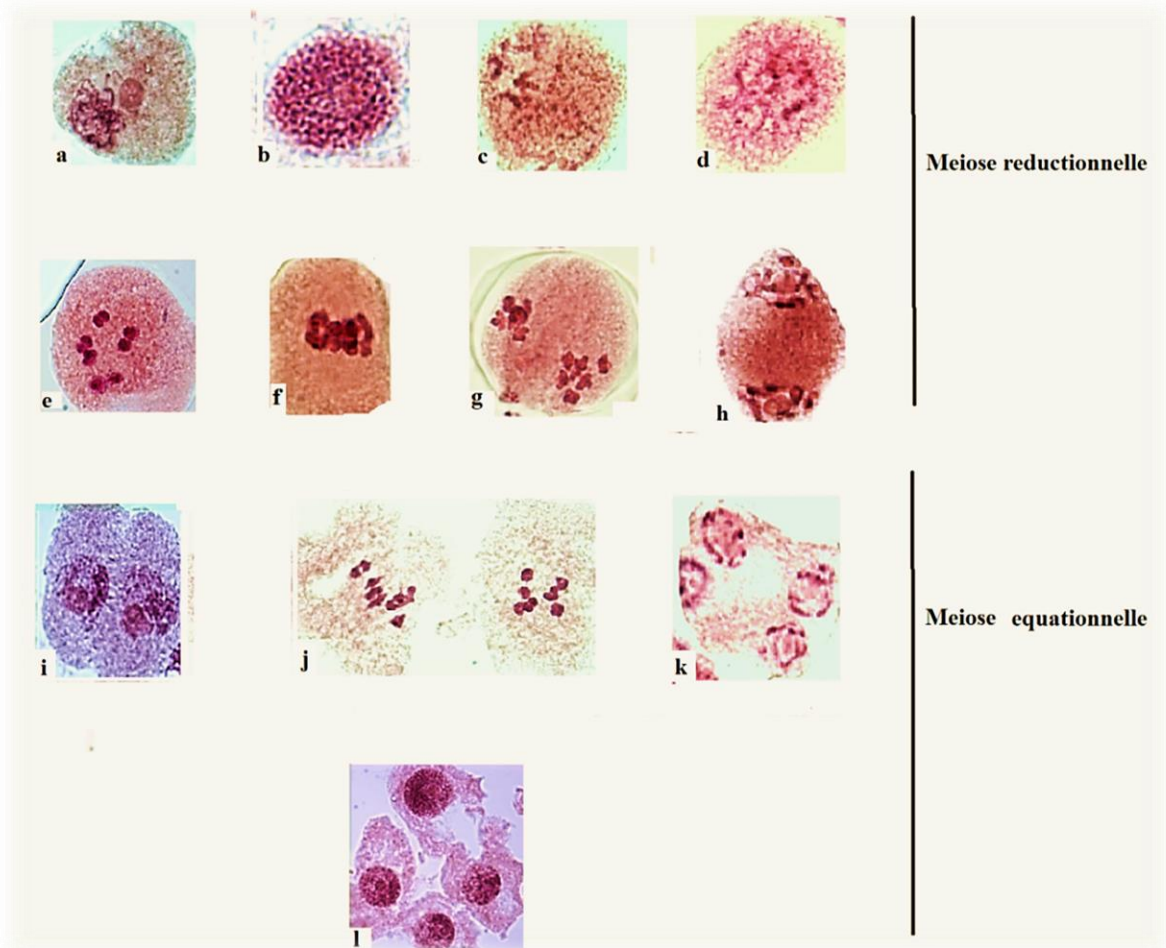


Figure 23: Les différentes étapes de la division méiotique des cellules mères polliniques de 4 génotypes de l'espèce *Lens culinaris* observés au microscope photonique (X100).

Echelle 10 μ m.

- (a) : prophase au stade : Leptotène } génotype Dahra
 b-c-d : prophases aux stades : (a), Zygotène, (b) Pachytène, (c) Diplotène } génotype Syrie 229
 (e) : Diacinèse } génotype Radjas
 (f) : métaphase I } génotype Syrie 229
 (g) : anaphase I } génotype Balkane
 (h) : fin de l'anaphase I } génotype Syrie 229
 (i) : télophase I }
 (j) : prophase II } génotype Redjas
 (k) : métaphase II } génotype Syrie 229
 (l) : anaphase II } génotype Redjas
 (m) : tetrade (fin de la télophase II) } génotype Redjas

b. Identification des bivalents

Les dénombrements des bivalents méiotiques sont effectués aux différents stades (soit en Métaphase I, soit en zygoténe) des cellules mères polliniques. Les résultats obtenus montrent une ségrégation normale à 7 bivalents ($2n = 2x = 14$) de l'espèce *Lens culinaris*.

Les différentes configurations méiotiques montrent que l'appariement des chromosomes homologues se fait sous différentes formes, bivalents en anneaux, bivalents droits, et bivalents en V (**Figure 24**), Ces bivalents forment ensuite, la plaque équatoriale.

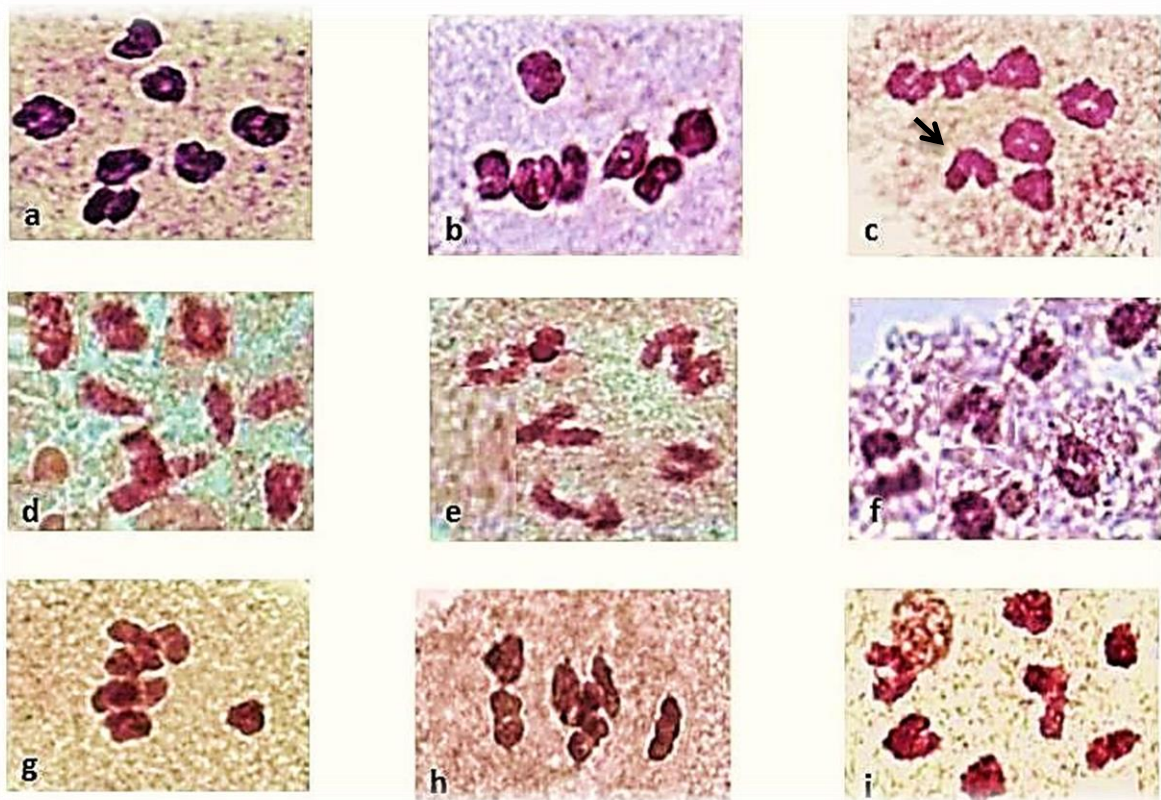


Figure 24: Principales types de bivalents observés en Métaphase I observé au microscope photonique (X100).

(a-b) : bivalents en anneaux

(c) : bivalents en anneaux, et bivalents en V

(d), (g), (h), (f) : bivalents allongés

(e) : bivalents allongés, et bivalents en V

(i) : bivalents allongés, et bivalents en V

c. Les anomalies méiotiques

Egalement, nous avons pu mettre en évidence des anomalies chromosomiques de types :

- Chromosomes B.
- Chromosomes retardataires.
- Les micronoyaux.
- Orientation anormale.

« Voir la figure 36 dans la partie discussion ».

1.2. Analyse palynologique

1.2.1. Mesures biométriques

Pourquoi mesurer la qualité du pollen ?

La qualité du pollen est un des facteurs clés des processus de sélection et production de semences.

Le stockage dans le temps des grains de pollen matures permet notamment la réalisation d'hybridations entre des génotypes ne fleurissant pas au même moment.

En production de semences, la qualité du pollen et l'impact des conditions environnementales à la floraison sont des paramètres primordiaux.

La stérilité mâle est recherchée pour simplifier la réalisation des semences hybrides F1.

Au laboratoire, le recours à l'androgenèse nécessite de prélever le pollen immature (microspores) à certains stades précis pour produire des lignées d'haploïdes doublés.

L'estimation des paramètres de qualité du pollen comme le stade de développement, la viabilité et la capacité de germination est donc cruciale pour le succès de tous ces processus.

Le pollen est un type de cellule au développement très spécifique dans la plante.

Au cours de sa maturation, il va changer de taille ; la composition de son cytoplasme va évoluer ; il va subir des divisions cellulaires.

Une paroi cellulaire très résistante qui va le protéger de la déshydratation et des agressions du milieu externe va se développer.

Chaque espèce de plante a un pollen unique, et les méthodes d'analyse étaient jusqu'à présent différentes à chaque fois.

L'analyse de pollen de 7 génotypes étudiés de l'espèce *Lens culinaris* est effectuée par un photo microscope Leica DM 4000 B Led.

Les résultats des différentes mesures effectuées sur 7 paramètres des grains de pollen sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 02 : Les caractères biométriques de 7 géotypes de *Lens culinaris*.

| Géotypes | L (µm) | E (µm) | L/E | L/Ex100 | Ls (µm) | ls (µm) | Lp (µm) | Lp (µm) |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Balkane775 | 32.799 | 21.826 | 1.502 | 150.2 | 24.109 | 3.033 | 7.365 | 5.148 |
| Dahra | 30.964 | 21.508 | 1.439 | 143.9 | 23.261 | 4.800 | 7.757 | 5.978 |
| Idleb2 | 32.358 | 24.041 | 1.345 | 134.5 | 25.148 | 4.270 | 8.880 | 6.507 |
| Idleb3 | 35.753 | 23.520 | 1.492 | 149.2 | 26.320 | 3.306 | 7.883 | 6.281 |
| Idleb4 | 31.342 | 21.957 | 1.427 | 142.7 | 24.346 | 3.042 | 6.795 | 5.579 |
| Métropole | 29.911 | 21.374 | 1.399 | 139.9 | 25.723 | 2.362 | 6.902 | 5.954 |
| Nil 45 | 34.013 | 23.406 | 1.453 | 145.3 | 26.323 | 3.823 | 8.330 | 6.661 |

L : Longueur de grains de pollens

E : largeur de grains de pollen

L/E : le rapport de longueur sur largeur

Ls : longueur de sillon

Ls : largeur de sillon

Lp : longueur de pore

lp : largeur de pore

a. Longueur et largeur des grains de pollens

On constate une différence entre les géotypes étudiés que ce soit en longueur ou en largeur.

Pour la longueur la plus élevée est observée chez le géotype **Idleb3** de (35.75 µm) et pour la largeur c'est le géotype **Idleb2** de (24.04 µm).

Le géotype **Métropole** qui représente les valeurs les plus faibles (29.91, 21.37µm successivement) (**Tableau 2, Figure 25, Figure 26**).

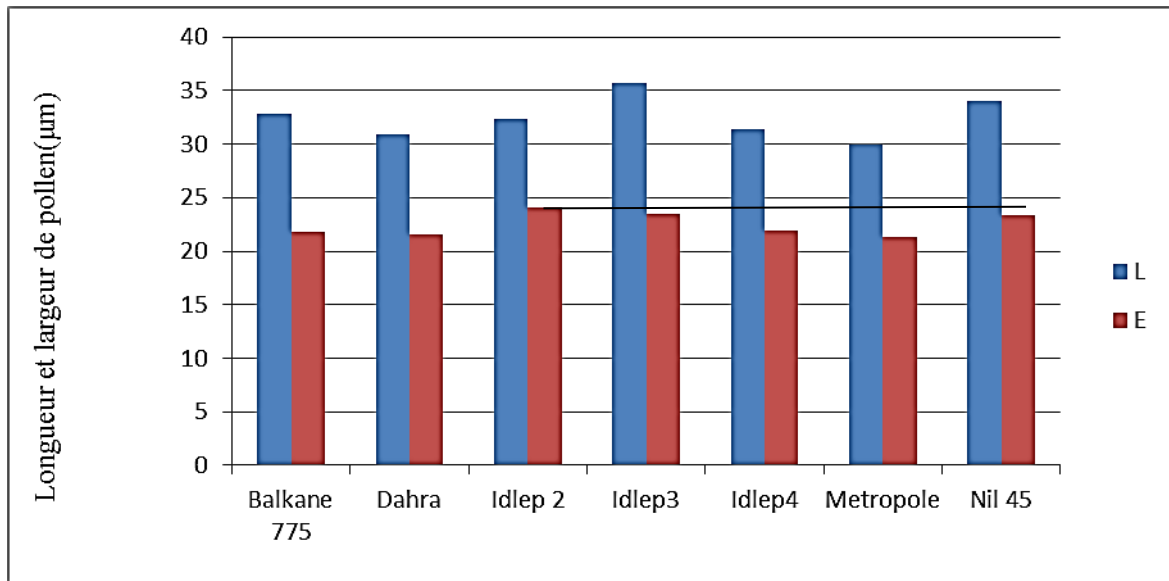


Figure 25 : Taux de longueur et largeur de pollens de 7 génotypes de « *Lens culinaris* ».

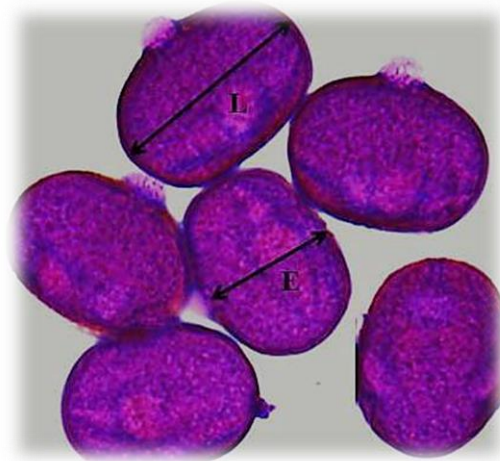


Figure 26 : Mesures (L, E) de la taille des grains de pollens (x100) de génotype « Idleb2 ».

(L) Longueur (E) largeur des grains de pollen.

b. Rapport L/E

A travers les mesures de la longueur et la largeur nous avons calculée le rapport L/E . Les résultats sont présentés dans la figure suivante :

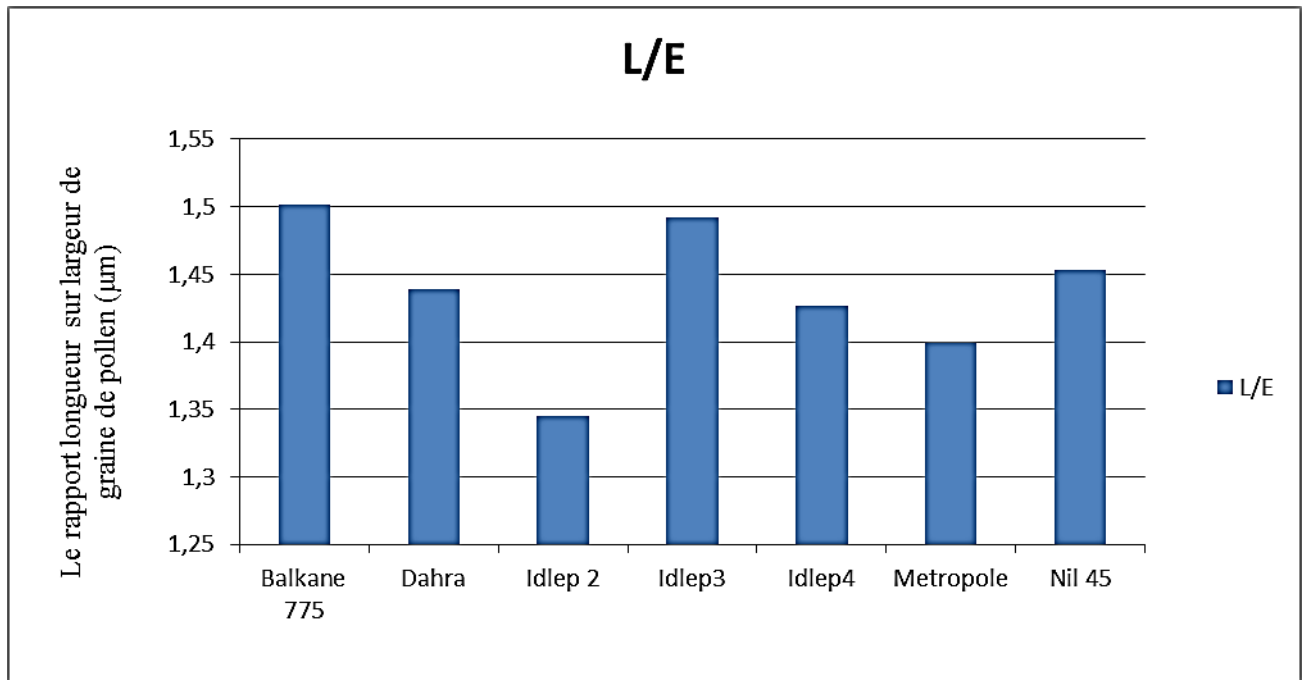


Figure 27 : Taux de rapport Longueur sur largeur des grains de pollen de 7 génotypes de lentille « *Lens culinaris* ».

On remarque une grande différence entre les génotypes étudiés dans le rapport de la longueur sur la largeur.

Pour le rapport le plus élevé est celui de le génotype **Balkane755** (1.50µm) par contre le génotype **Idleb2** qui présente la valeur la plus faible (1.34µm).

c. Longueur et largeur de sillon

D'après les résultats obtenus, on constate que les proportions sont hautement variables.

Pour la longueur de sillon les plus élevées est celle de génotype **Idleb3** et **Nil** de même fréquence de (26.32µm) .

Le génotype **Dahra**, en comparaison aux autres génotype se singularise par une longueur faible de (23.26µm) et une largeur élevée de (4.80µm) et pour la faible largeur c'est le génotype **Métropole** de (2.36 µm) (Taleau2, Figure 28 et Figure 29).

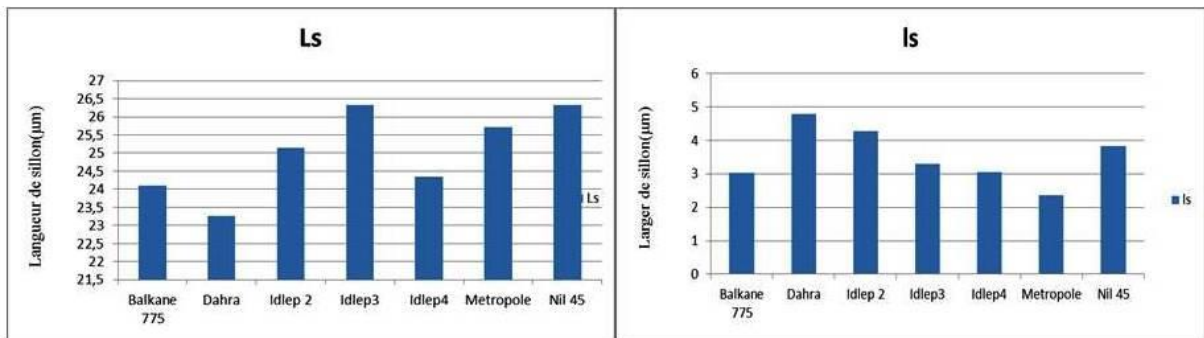


Figure 28 : Taux de longueur et largeur de sillon des grains de pollen de 7 géotypes de lentille « *Lens culinaris* ».

La figure 29 montre les mesures de longueur et largeur de sillon des grains de pollen effectuées par un photo microscope Leica DM 4000 B Led.

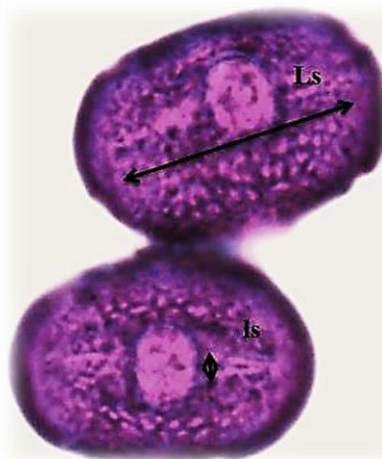


Figure 29 : Mesures (Ls, ls) de taux de sillon des grains de pollens (x100) de géotype « Idlep2 ». (Ls) Longueur (ls) largeur de sillon des grains de pollen.

d. Longueur et largeur de pore

Pour ce paramètre, le géotype **Idlep2** présente la valeur la plus élevés (8.88µm) Alors qu'**Idlep4** présente, la plus faible valeur (6.79µm).

On observe qu'il y a une légère différence entre ces géotypes étudiés dans ce paramètre.

Pour la largeur de pore les plus élevées est celle de géotype **Nil45** (6.66µm).

Et le géotype **Balkane755** représente la valeur la plus faible (5.14µm) (**Taleau2, Figure 30 et Figure 31**).

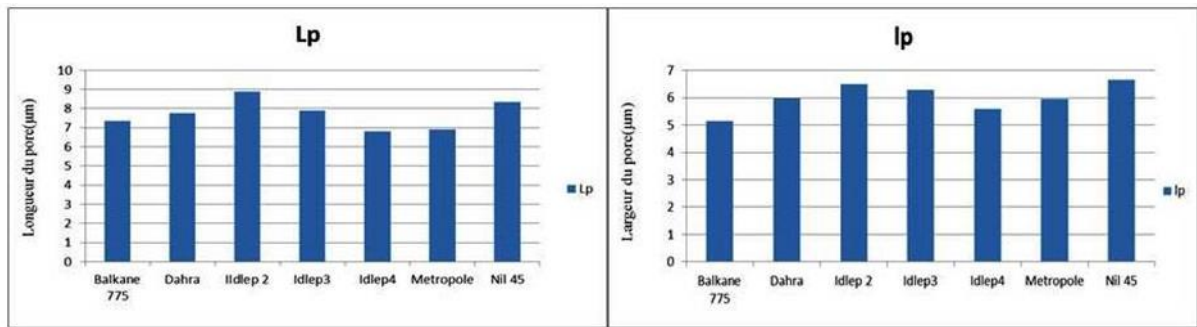


Figure 30 : Taux de longueur et largeur de pore des grains de pollen de 7 génotypes de lentille « *Lens culinaris* ».

La figure 31 représente les mesures de longueur et largeur de pore des grains de pollen effectuées par un microscope photonique Leica DM 4000 B Led.

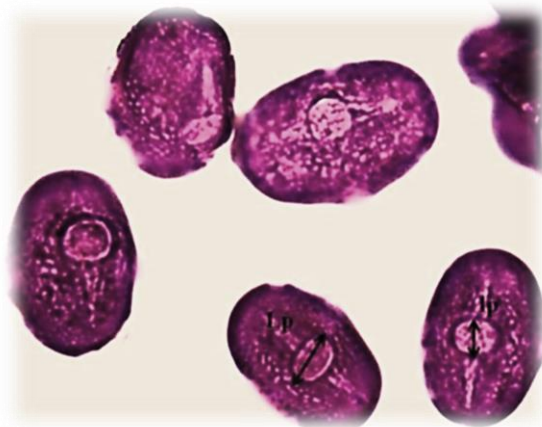


Figure 31: Mesures (Lp, lp) du taux de pore des grains de pollen (x100) de génotype « Nil45 ». (Lp) Longueur (lp) largeur de pore des grains de pollen.

Les résultats des mesures biométriques des 7 grains de pollen de l'espèce *Lens culinaris* nous ont permis de mettre en évidence ces caractéristiques.

La longueur de grain de pollen varie entre: 35.75-29.91 µm.

La largeur de grain de pollen varie entre : 24.04-21.37 µm.

La longueur de sillon varie entre : 26.32-23.26 µm.

La largeur de sillon varie entre : 4.80-2.36 µm.

La longueur de pore varie entre : 8.88-6.79 µm.

La largeur de pore varie entre : 6.66-5.14 µm.

Le rapport L/E varie entre µm :1.50-1.34 µm.

1.2.2. Mesure de la viabilité des grains de pollen

La viabilité du pollen est estimée après coloration avec le carmin acétique est très importante chez les géotypes étudiés dont le dénombrement des grains colorés et non colorés nous a conduit à calculer le pourcentage des grains colorés (reflétant la viabilité).

Les résultats donnés dans le **tableau 03**, indiquent une viabilité pollinique supérieure à 95%.

Tableau 03 : Le pourcentage de viabilité de 7 géotypes chez *Lens culinaris*.

| Géotypes | Grains de pollen colorés | Grains de pollen Non colorés | Total | Pourcentage de la viabilité |
|-------------|--------------------------|------------------------------|-------|-----------------------------|
| Balkane 755 | 200 | / | 200 | 100 % |
| Syrie 229 | 199 | 1 | 200 | 99.5% |
| Idleb 2 | 194 | 6 | 200 | 97% |
| Idleb 3 | 190 | 10 | 200 | 95% |
| Idleb 4 | 199 | 1 | 200 | 99.5% |
| Métropole | 200 | / | 200 | 100% |
| Nil 45 | 197 | 3 | 200 | 98.5% |

La figure 32 représente les mesures de la viabilité des 7 géotypes prise par le photo microscope Leica DM 4000 B Led.

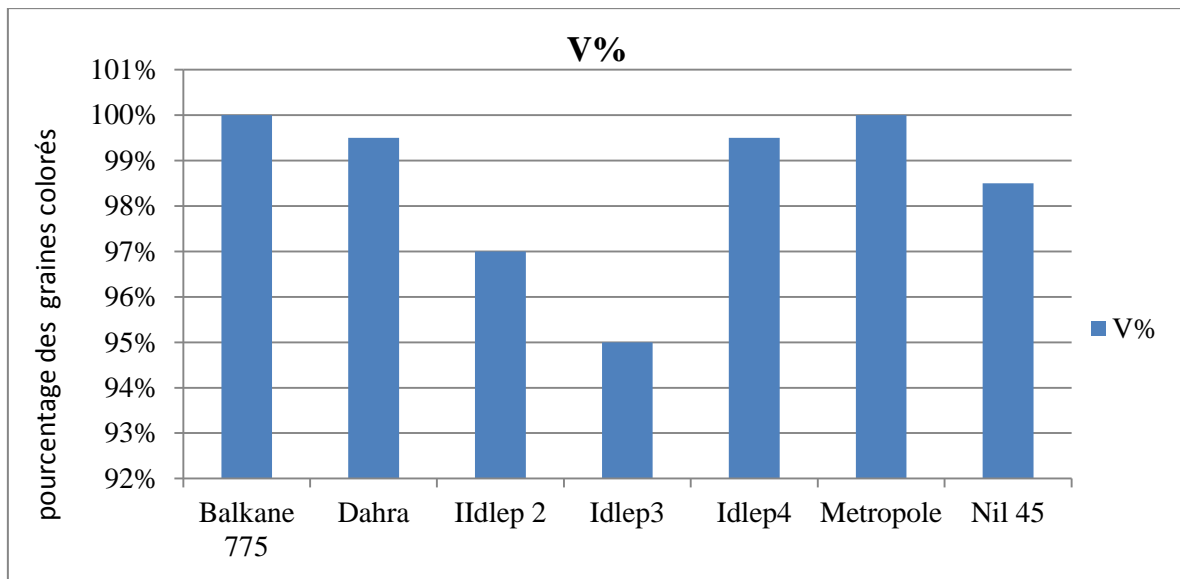


Figure 32 : Pourcentage des grains colorés de différents génotypes chez la lentille *Lens culinaris*.

Le taux de viabilité hautement élevé chez tous les génotypes.

On remarque que les deux génotypes **Balkan755** et **Métropole** présentent un pourcentage de coloration très élevés (100%), par opposition, le génotype **Idleb3** présente une valeur un peu faible par rapport aux autres (95%).

Les grains de pollen colorés en rose, sont considérés comme viables (**Figure 33**).

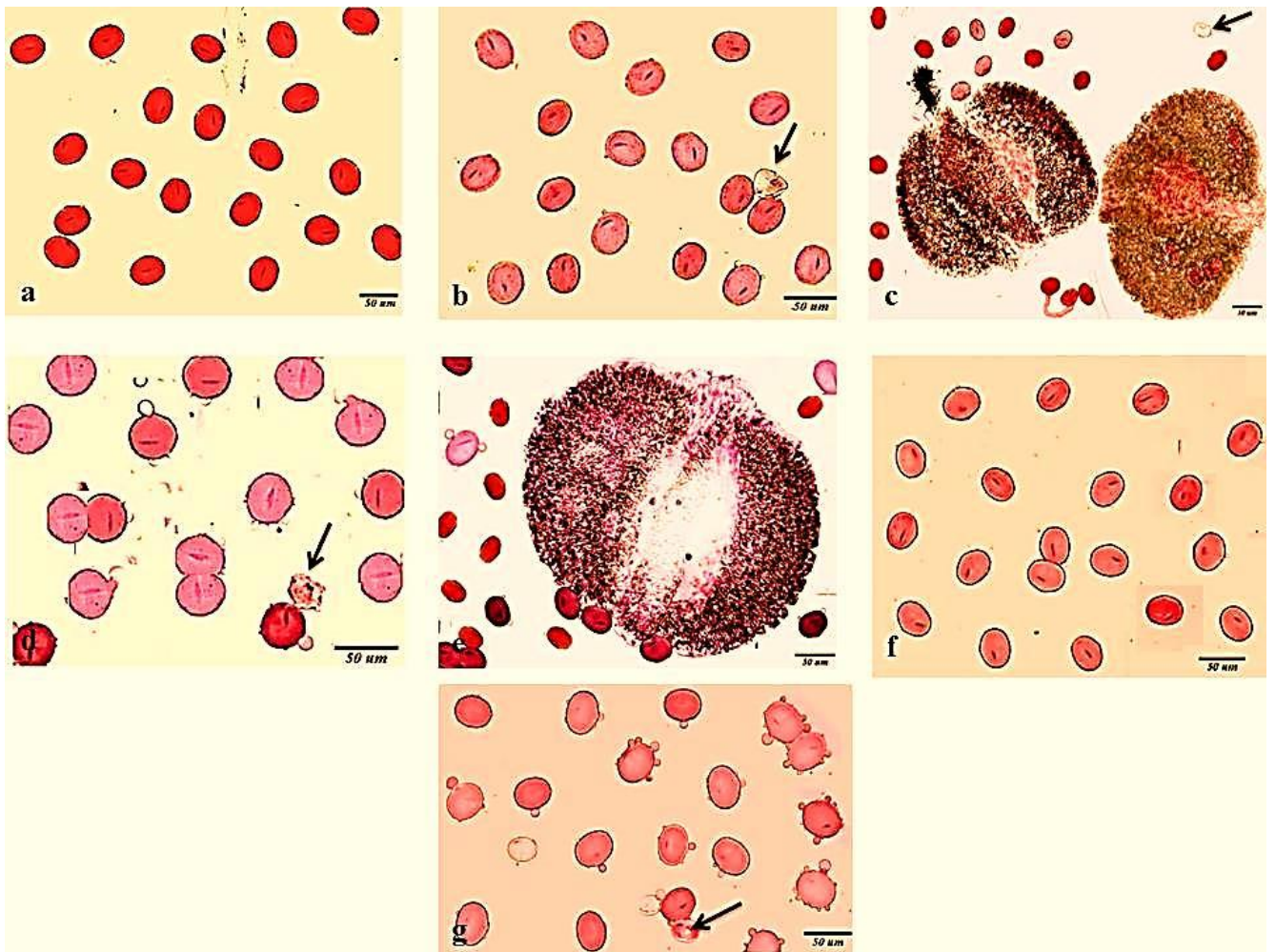


Figure 33: Pollens observés au microscope photonique (X10) chez 7 génotypes du *Lens culinaris*.

(c)-(e) représentent les anthères avec ses pollens. Les flèches indiquent le pollen non viable.

Echelle 50 µm.

1.2.3. Formes des grains de pollen

D’après **Saxena (1993)**, les formes que peuvent avoir les grains de pollen sont très variables. La forme du grain de pollen se définit par la valeur du rapport existant entre les dimensions de l’axe polaire **P** et celles de l’axe équatorial **E** (**P/E**), (**Miskovsky et Petzold, 1992**) (**Voir Tableau 04**) et c’est l’équivalent du rapport (**L/E**) qui sont les dimensions de la longueur sur la largeur.

Tableau 04 : Les formes de pollen selon le rapport P/E (**Erdtman, 1952**).

| Formes de pollen | P/E X 100 |
|-------------------------|------------------|
| PROBLATE | <50 |
| OBLATE | 50-75 |
| SUBSPHEROIDAL | 75-133 |
| SUBOBLATA | 75-88 |
| OBLATE SPHEROIDAL | 88-100 |
| PROLATE SPHEROIDAL | 100-114 |
| SUBPROLATE | 114-133 |
| PROLATE | 133-200 |
| PERPROLATE | >200 |

Le résultat obtenu par rapport aux génotypes est résumé dans le tableau suivant.

Tableau 05 : Les valeurs du rapport L/E de 7 génotypes chez *Lens culinaris* attribuées aux différentes formes.

| Génotypes | Balkane 755 | Syrie 229 | Idleb2 | Idleb3 | Idleb4 | Métropole | Nil45 |
|------------------|----------------|--------------|--------|--------|--------|-----------|-------|
| L/Ex100 | 150.2 | 143.9 | 134.5 | 149.2 | 142.7 | 139.9 | 145.3 |

L'analyse morphologique d'après la valeur du rapport **P/E** confirme que la forme des grains de pollen de nos variétés est **Prolate** (**Figure 34**) qui est de fréquence **133-200**.

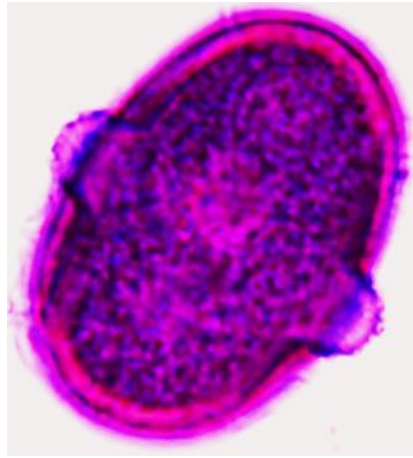


Figure 34 : Grain de pollen de géotype « Métropole » de l'espèce *Lens culinaris* prise par le photo microscope Leica DM 4000 B Led (X100).

-Description des grains de pollen

Un examen au microscope a été effectué pour déterminer l'aspect morphologique des grains de pollen. Toutes les variétés de l'espèce *Lens culinaris* présentent des eumonades (grains de pollen libres) à 3 ouvertures complexes (3 sillons méridiens associés à 3 pores équatoriaux) : ils sont de type **trizonocolporé**.

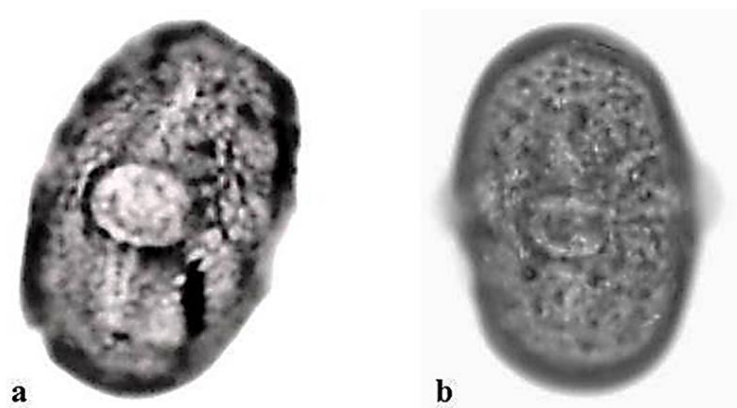


Figure 35 : Pollen observé au microscope photonique (X100), **(a)** vue équatoriale de géotype « Dahra », **(b)** vue polaire de géotype « Balkane ».

IV.2. Discussion

2.1. Analyse du comportement méiotique

La méiose est une étape essentielle de la reproduction sexuée des organismes. Les différentes étapes méiotiques sont communes pour la plupart des organismes diploïdes. Dans cette étude, le déroulement de la méiose a été suivi pour les génotypes de l'espèce *Lens culinaris* afin d'observer les étapes de celle-ci, d'identifier les bivalents chromosomiques et mettre en évidence les anomalies chromosomiques.

Les résultats obtenus chez le *Lens culinaris* ($2n = 2x = 14$ avec $x = 7$), en comparaison à ceux observés chez le genre **Medicago (Fabacées)**, ($2n = 2x = 16$ avec $x = 8$) sont similaires (**Benmouhoub, (2007) ; Benhizia et al., (2013) ; Ayad N, (2017)**).

Dans tous les comptages chromosomiques réalisés sur les plaques métaphasiques I, l'appariement est normal avec 7 bivalents chez le génotype Redjas (**Figure 24**), d'où $2n = 2x = 14$ avec $x = 7$.

Ce nombre chromosomique est le même que celui rapporté par, **Schlabaum et al., (1984)** et **Abdelguerfi et al., (1988b)** et **Benmouhoub (2007)**.

L'analyse des cellules mères polliniques pour les différents génotypes à différents stades de la méiose pour l'espèce *Lens culinaris* a donné des résultats nettement différents illustrés dans la **figure 36** qui ont permis de visualiser des irrégularités méiotiques. Les différentes anomalies observées sont la présence des cellules mères polliniques métaphasiques montrant des chromosomes B, des chromosomes retardataires, des micronoyaux, et une orientation anormale. Ces anomalies ont été signalé dans un grand nombre de plantes (**Stebinn, 1971, Amirouche, 2007, Hammouda et Khalfallah, 2008 ; 2008**).

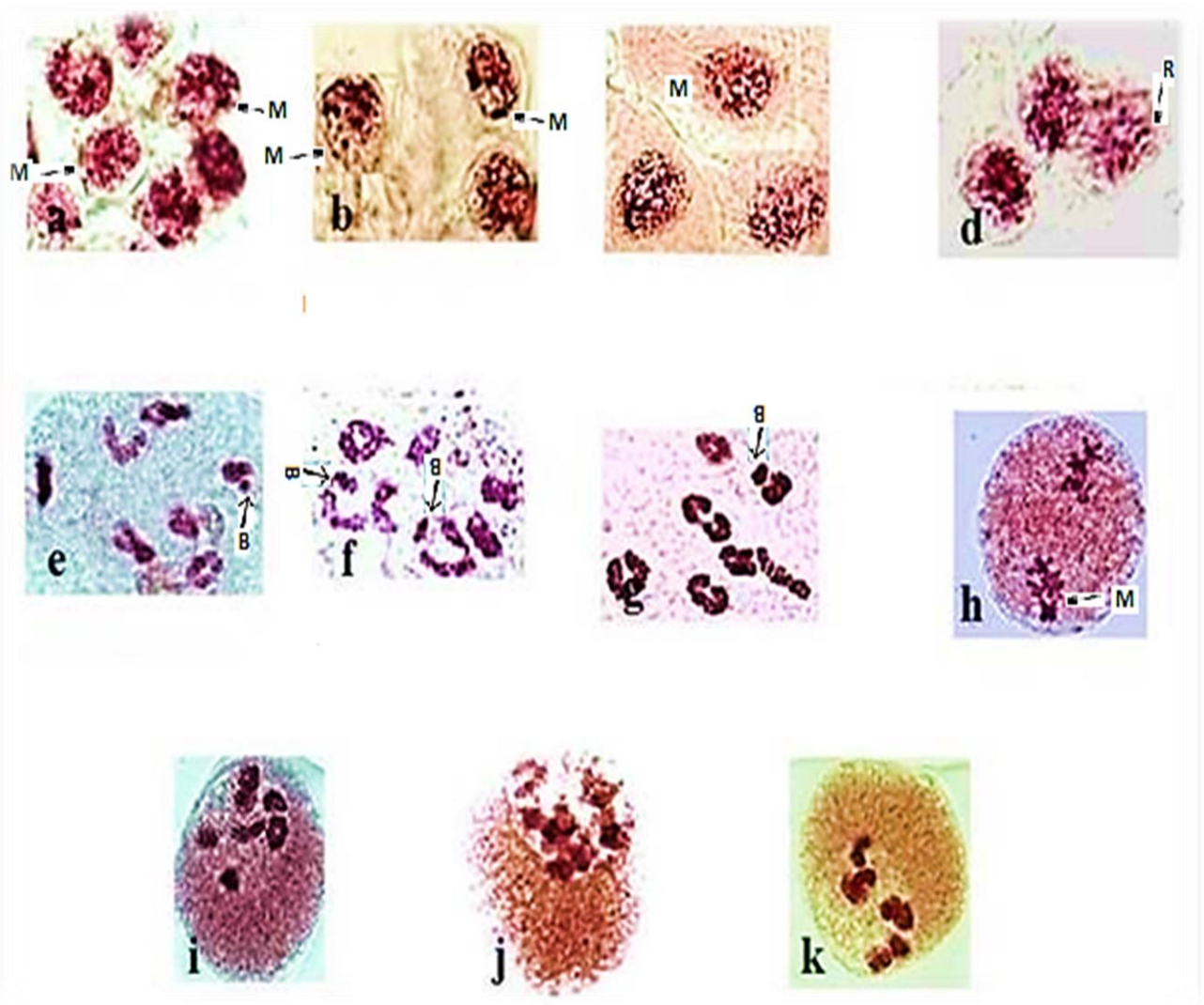


Figure 36 : Les anomalies associées aux méioses polliniques observées au microscope photonique (X100) chez les géotypes « Idleb3 », « Idleb4 », « Dahra », « Syrie 229 », « Redjas » de l'espèce *Lens culinaris*.

Les flèches indiquent la présence des anomalies : **M** (micronoyaux), **B** (Chromosomes surnuméraires), **R** (chromosomes retardataires) et orientation anormale (**i, j, k**).

Chez le génotype « **Syrie 229** », on a observé une migration anormale de chromosome à un seul pôle ce résultat a suggéré que cette anomalie dite « **Orientation anormale** » était causée par le stress environnemental qui affectait les plantes au cours de la période de floraison comme les basses ou hautes températures, stress hydriques, attaques parasitaires. L'appareil de la broche est normalement bipolaire et agit comme une unité unique, joue un rôle crucial dans l'alignement des chromosomes de la métaphase et leur mouvement vers le pôle pendant l'anaphase (**Nirmala et Rao, 1996**). La distorsion dans les broches méiotiques peut être responsable de la formation de gamètes non réduits. Des fusées aberrantes lors de la deuxième division entraînant la reprise des produits de la première division ont été largement signalées dans les pommes de terre. Trois des types de broches aberrantes ont été trouvés dans cette espèce: broches de deuxième division allongées à côté de l'autre (**Mok & Peloquin, 1975**), Broches tripolaires (**Veilleux et al., 1982**).

Ces anomalies pourraient être un phénomène normal commandé par des facteurs génétiques comme il à été proposé par différents travaux (**Omara, 1976; et Sharma, 1983; Singhal et Gill, 1985; Haroum, 1995; Bellucci et al., 2003; Ghanima et Talaat, 2003; Lattoo et al., 2006; Singhal et al., 2007; 2010; Singhal et Kumar, 2008; Kumar et al., 2008; 2011; 2012 ; Guan et al., 2012**) in **Kaur et Singhel (2014)**.

- Détermination du type apertural lors de la gamétogenèse

Les tétrades détectées chez l'espèce *Lens culinaris*, en comparaison à ceux observés par les auteurs (**Ressayre et al., 2002**), sont deux types: tétrades **tétraogonales** et **rhomboïdales** (**Figure 37a, b**).

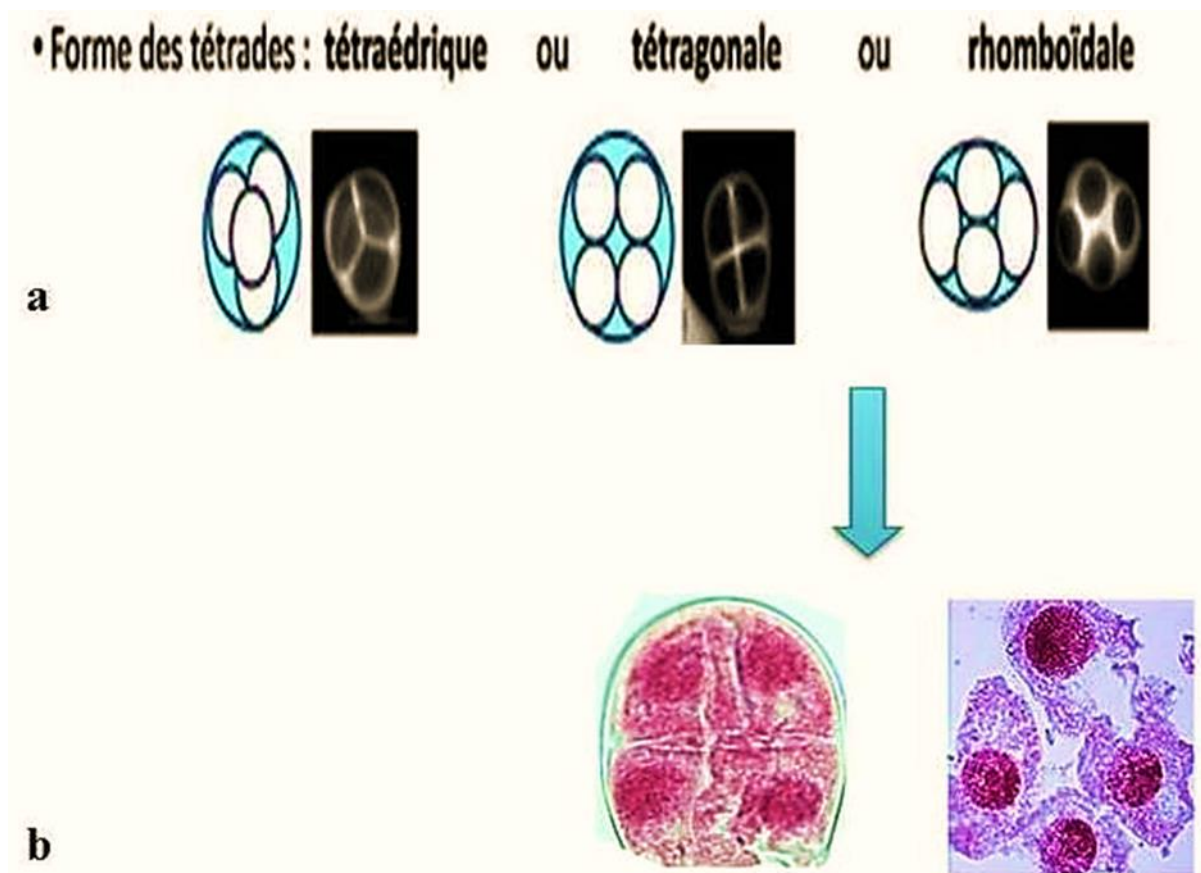


Figure 37 : (a) Types de tétrades (d'après la référence. **Ressayre et al., 2002**).

(b) **Tétrades tétragonales et rhomboïdales** de l'espèce *Lens culinaris* observée au microscope photonique (X100).Echelle 10 μ m.

2.2. Analyse palynologique

a. Caractères morphologiques des grains de pollen

Très peu de travaux réalisés sur les grains de pollens. Les critères morphologiques utilisés sont :

-forme du grain de pollen (longueur et largeur).

- le rapport L/E, longueur et largeur du sillon et celle du pore (Özler et al., 2009) sont très importants pour la caractérisation des espèces (Edeoga et al., 1998 ; Edeoga et Ikem 2002 ; Mbagwu et Edeoga 2006 ; Mbagwu et al., 2008 ; Adekanmbi, 2009).

Par comparaison aux ‘Astéracées’, la taille des grains de pollen varie d’une variété à une autre et correspond à la taille moyenne des grains de ‘Fabacée’ déjà observée (Perveen et Qaiser, 1998 ; Horvat, 2004 ; Kahraman et al., 2012 ; Pinar et al., 2014).

De précédents travaux ont suggéré l’existence de corrélation de la taille des grains de pollen avec l’altitude et la latitude comme chez le genre *Ilex* L de la famille ‘Aquifoliaceae’ (Lobreau-Callen 1975). Alors que Kurtz et Liverman (1958) signalent la présence de petits grains de pollen dans les milieux arides. Belhaj et al., 2007. Dans une étude palynologique faite sur *Pistacia atlantica* de la famille ‘Anacardiaceae’ estiment que la variation de la taille du grain de pollen, bien que corrélée avec la position géographique peut également provenir de la nutrition minérale ainsi que des facteurs génétiques.

Dans notre cas, la variation de la taille du grain de pollen ne donne aucune indication claire vis-à-vis des sites de récolte ou des conditions bioclimatiques.

La forme des grains de pollen du genre *Lens* analysés de type prolate est un peu **identique par rapport aux d’autres espèces du genre *Centaurea*** de la famille des ‘Asteracées’ qui sont de forme prolate sphéroïdal (Villodre & Garcia-Jacas, 2000).

La forme des grains de pollen tricolporée de *Lens* est comme chez les espèces du genre *Centaurea* qui est la plus répandue, les grains de pollen sont rarement tétracolporés (Özler et al., 2009).

Les grains de pollen de nos variétés présentent des ouvertures situés dans la même zone au niveau des sillons, ce qui correspond aux nombre et types d’ouvertures retrouvés chez l’*Astragalus* étudiés jusqu’à présent (Perveen et Qaiser 1998 ; Akan et al., 2005 ; Ekici et al., 2005, 2008 ; El-Sayed et al., 2010 ; Al Ghamadi et al., 2013 ; Ceter et al., 2013 et Dinç et al., 2013).

D’après Walker et Dolye (1975) considèrent que le pollen in aperture est un caractère relativement plus primitif que celui monoaperturé, di, tri et poly-aperturé.

Till et al., (1987), Dajoz et al., (1991), Domnez et Pinar (2001), Furness et Rudall (2004) s'accordent à dire que l'aperture étant le point de germination du tube pollinique, une multiplication du nombre d'ouvertures et de sillons peut apparaître comme un avantage sélectif vis-à-vis de la fécondation car elle augmente la probabilité de contact entre le site de la germination et la surface du stigmate. La présence de trois sillons et de trois pores pourrait donc être considérée comme un caractère intermédiaire et avancé.

b. Viabilité des grains de pollen

Dans cette étude, nous avons utilisé la coloration au carmin acétique qui révèle la présence de matériel génétique dans le grain de pollen.

La viabilité de ces grains a été définie comme ayant la capacité de vivre, grandir, germer ou se développer (**Lincoln et al., 1982**).

Towill (1985) estime que ce test est amplement suffisant pour avoir une estimation approximative de la viabilité du pollen.

L'évaluation de ce taux a révélé un très grand pourcentage de viabilité qui traduit un déroulement normal de la microsporogénèse (ou gametogenèse).

Stebbins (1971) indique que les espèces diploïdes produisent une méiose régulière. Celle-ci s'exprimerait par la production de grains de pollen de taille régulière et hautement viable.

Un taux élevé de viabilité est également considéré comme un indicateur de l'adaptation des espèces à certaines conditions écologiques (**Char et al., 1973 ; Qureschi et al., 2002 ; Ozeker et al., 2006**). On pourrait donc suggérer que nos géotypes sont bien adaptés à leurs milieux.

c. Détection de Pollen étranger

Il existe un type de grain de pollen de forme différente de celle de notre étude que l'on trouve souvent avec ces **tricolporée (Figure 38)**.

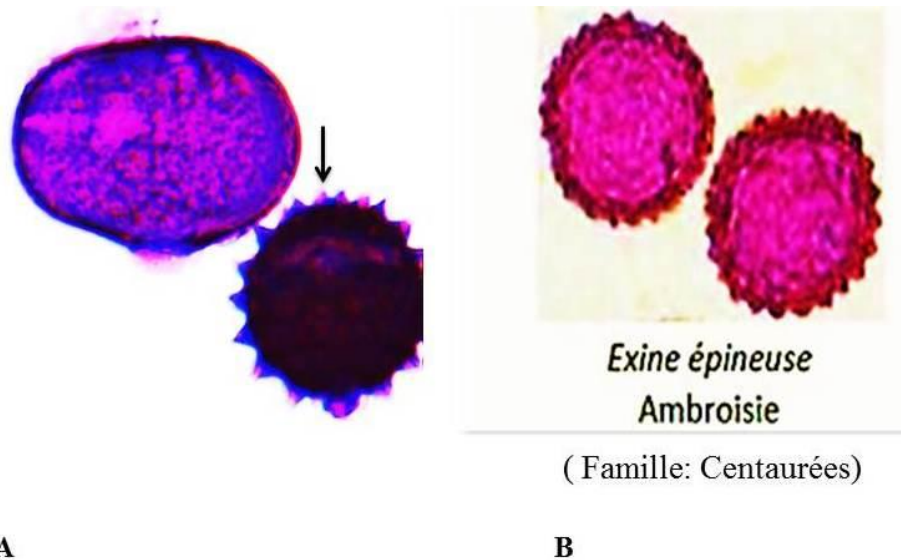


Figure 38 : A- Pollen étranger (Indiquer par une flèche) à côté de grain de pollen de l'espèce *Lens culinaris*. B- pollen de tableau de référence (file:///C:/Users/Acer/Downloads/identification_des_pollens.pdf).

En comparaison avec le tableau mentionné dans le **chapitre1** qui correspond à l'identification des grains de pollens chez différents végétaux on trouve que ce pollen étranger est un : Pollen petit et sphérique de forme tricolporé (trois sillons au milieu desquels s'ouvrent les pores) entourée d'une exine épineuse (**Figure 38**), L'importance du pollen d'ambroisie de l'espèce (*Ambrosia artemisiifolia*) est liée à son pouvoir allergénique très puissant, très dangereux (**Jager, 2000**). Selon **Maurer et al., 2003**, c'est une plante de la famille des Astéracées, rudérale (sauvages) qui pousse sur les terrains mal entretenus, souvent dans les lotissements et les terrains délaissés. On la trouve également le long de routes, des cours d'eau et des voies ferrées, ainsi que dans certaines cultures (lentille, maïs, tournesol et soja) et dans les jachères (**Figure 39**).

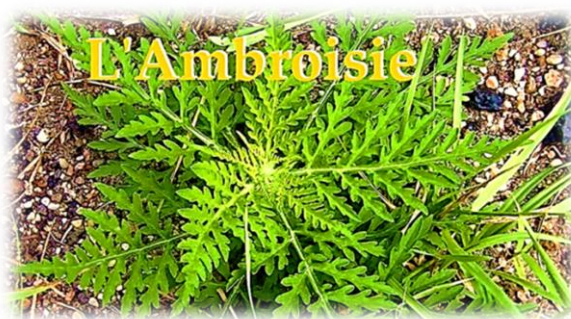


Figure 39 : Plante d'Ambroisie.

Conclusion

Conclusion et perspective

Le travail qu'on a effectué, a permis d'élargir nos connaissances sur les aspects méiotiques et palynologiques de la lentille cultivée (*Lens culinaris*).

L'analyse du comportement méiotique au niveau des cellules mères des grains de pollen (CMP) montre a un même déroulement de la méiose, et en métaphase I, les 7 bivalents sont comptés sur certaines cellules des géotypes (Idleb 3, Idleb4, Dahra, Syrie, Redjas et Balkane).D'où le nombre de chromosomes $2n = 2x = 14$. Donc, d'une manière générale, la méiose est régulière.

Egalement, des anomalies méiotiques sont observées chez les géotypes étudiés, qui sont de types : les chromosomes B, les chromosomes retardataires, les micronoyaux, conduisant à la fois à des facteurs génétiques (hybridations) et des facteurs environnementaux dans les populations. Ces anomalies sont connus aussi pour jouer un rôle dans l'induction de perturbations de la méiose (méiose irrégulière) chez les végétaux.

Seul le géotype Syrie, montre une migration anormale de chromosome à un seul pôle ce résultat a suggéré que cette anomalie dite « Orientation anormale » était causée par le stress environnemental qui affectait les plantes au cours de la période de floraison comme les basses ou hautes températures, stress hydriques, attaques parasitaires.

En plus on a pu mettre en évidence une variation dans la forme de tétrades (tétrades tetragonales et rhomboïdales) et les types des bivalents (bivalents allongés, et bivalents en V, bivalents en annaux).

L'analyse palynologique nous a permis d'étudier les critères d'identification des grain de pollen , par la morphologie de ces pollens en mesurant, leur taille, la longueur et largeur de sillon et de pore, et aussi, le rapport longueur sur largeur du grain de pollen. Les résultats des mesures biométriques des 7 grains de pollen de l'espèce *Lens culinaris*, ainsi que la forme des grains de pollen « prolata » de type « tricolporate », nous ont permis de mettre en évidence ces caractéristiques.

On a réalisé le test de viabilité sur les pollens des géotypes étudiés d'une part, d'autre part, on a estimé son taux de viabilité . L'évaluation de ce taux a révélé un très grand pourcentage (95% à 100%) de viabilité qui se traduit par un déroulement normal de la

microsporogénèse (ou gametogenese). Ce qui signifie, l'existence d'une corrélation positive entre les deux études (méiotique et palynologique).

Un taux élevé de viabilité est également considéré comme un indicateur de l'adaptation des espèces à certaines conditions écologiques. On pourrait donc suggérer que nos génotypes sont bien adaptés à leurs milieux.

En perspective, il serait intéressant d'élargir l'étude à un plus grand nombre de populations, d'inclure des hybrides interspécifiques, d'analyser l'évolution du taux d'anomalies au court du temps, d'analyser le taux d'anomalies en conditions contrôlées pour bien mettre en évidence l'influence des facteurs du milieu dans l'induction de la perturbation de la méiose et ses conséquences sur la qualité du pollen qui est un des facteurs clés des processus de sélection et production de semences.

***Références
Bibliographiques***

Références bibliographiques

- Abdelguerfi, A., Abdelguerfi-Berrikia, R., and Guitonneau, G, (1988b).** Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Medicago* L. en Algérie. III. Dénombrement chromosomique chez 35 populations de 17 espèces. *Annales de l'institut National Agronomique*. El-Harrach, 12 (1) : 342-354.
- Abdelguerfi A, (2003).** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Rapport de Synthèse sur « La Biodiversité Importante pour l'Agriculture en Algérie » mate-gef/pnud: projet alg/97/g31 tome IX.
- Abraham R, (2015).** Lentil (*Lens culinaris* Medik) current status and future prospect of production in Ethiopia. *Advances in plants and agriculture research*.2: Pp : 1-2.
- Adams , K. L, and Wendel J. F, (2005).** Polyploidy and genome evolution in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 8 : 135 – 141 .
- Adekanmbay OH, (2009).** Pollen grains of Asteraceae and analogous echinate grains. *International Journal of Botany* 5(4): 295-300.
- Aimeur N, (2004).** Bio indication de la pollution atmosphérique dans la région d'Annaba (comparaison avec les données de SamaSafia). Thèse de Magistère de l'Université de Annaba, 165p.
- Akan H., Tatlidil S., Biçakci A, (2005).** Pollen Morphology of *Astragalus* L. section *Alopecuroidei* DC. (Fabaceae) in Turkey. *Int J Bot*, 1: 28-50.
- Al Ghamadi F., Osman A.K., Guetat A, (2013).** Contributions to the morphology of genus *Astragalus* L. (Fabaceae) and its Taxonomic Implications. *Asian J Pl Sci*, 12: 176-189.
- Alfred Veilleux, Larry Stevens milliardaire et Appels, R (1982) ..** The molecular cytology of wheat-rye hybrids . *Int. Rev.Cytol.* saint. Éditions Bellarmin, , 222 pages.
- Alihan C., Mungez J.Y, (2013).** University of Gaziantep, Vocational School Of Higher Education in Nurdagi, Gaziantep, 27840, Turkey.

Alghamdi., Salem S., Altaf ., Khan M., Megahed H., Ammar., Ehab H., ElHarty., Migdadi., Hussein M, (2014). Phenological, Nutritional and Molecular Diversity Assessment among 35 Introduced Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Genotypes Grown in Saudi Arabia. *Int J Mol Sci.* 15(1),277–295

Amirouche N, (2007). Le complexe polyploïde *Dactylis glomerata* L. en Algérie Diversité génétique et synthèse systématique. Thèse de doctorat d'état en biologie végétale, Algérie, p171.

Anonyme, (2000). Pulse production manual. Saskatchewan Pulse Growers, Saskatoon SK.

Ayad N, (2017). Analyse cytogénétique du complexe *Medicago intertexta*-*Medicago ciliaris* avec accent sur la méiose et ses anomalies. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme MASTER. Université Abderrahmane MIRA-Bejaia.

Babo ,B. V, (2002). Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina faso. Thèse pour l'obtention du grade de PhilosophiaeDoctor. Université Laval, Québec.

Baudoin, (2001). Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* ; 5(4) : 221-230.

Bejiga, (2006). *Lens culinaris* Medik. Fiche de Protabase. Brink, M. and Belay G.(Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical African/ Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen. Pays Bas.

Belhadj S., Derridj A., Civeyrel L., Gers C., Aigouy T., Otto T., Gauquelin T, (2007). Pollen morphology and fertility of wild Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae). *Grana*, 46:148-156.

Benhizia H., Benhizia Y., Ghernoub L., Siljak-Yakovlev S., Khalfallah N, (2013). Meiotic behaviour and karyotype features of endangered endemic fodder species *Hedysarum perrauderianum* (Fabaceae) in some populations from Algeria. *Caryologia*, 6. DOI:10.1080/00087114.2013.821838.

Briard ML., Morichon-delvallez N, (2006). Anomalies chromosomiques. EMC (Elsevier SAS, Paris), Pédiatrie 4-002-T-30.

Brink., Belay, (2006). Céréales et légumes secs, ressources végétales de l'Afrique tropicale. Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas. P: 102.

Burt, A. & Trivers, R.L, (2006). Genes in Conflict. *Belknap Press of Harvard University Press*, Boston, MA.

Camatchou, (2005). B chromosomes. In .Gregry TR (ed) The evolution of the genome. *Elsevier*, San Diego, PP 223-286.

Cerceau-larrival M, (1983). Le pollen : gaméophyte mâle. *Bull.Soc.Bot.Fr.*, 137. Actuel. Bot.

Ceter T., Ekici M., Pinar N.M., Özbek F, (2013). Pollen morphology of *Astragalus* L. section *Hololeuce* Bunge (Fabaceae) in Turkey. *Act Bot Gal* DOI:10.1080/12538078.2013.791641.

CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), (2004-2005).Rome, Italy. P: 10.

Chahota, R.K, Kishore, Dhiman, N, Sharma, T.R, Sharma, S.K, (2007). Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micro-macrosperma gene pool of lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Euphytica*, 156: 305-310.

Char M.B.S., Swamy M.S.N., Cheluviah M.C, (1973). A critical evaluation of the adaptive significance of the monads and compound grains in angiosperms. *J Paly*, 9: 39-44.

Cheng, K. C., Nich, H. W., Yang, C. L., Wang, I.M., Chou, I.S., Chen, J. S, (1975). Light and electron microscopical observations on cytomixis and the study of its relation to evolution. *Acta Botanica Sinica*, 17, 60-69.

Cokkizgin et Shtaya, (2013). Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation. *Agricultural Science* Volume 1, Issue 1. P: 55- 62.

Cronk ,Q., Ojeda ,I., Pennington, R.T, (2006). Legume comparative genomics: progress in phylonetics and phylogenomics. *Current Opinion in plant biology* 9: 99-103.

Dajoz I., Till-Bottraud I., Gouyon P.H, (1991). Evolution of pollen morphology. *Science*, 253: 66-88.

- Danielson NB, Kaifosh P, Zaremba JD, Lovett-Barron M, Tsai J, Denny CA, Balough EM, Goldberg AR, Drew LJ, Hen R, Losonczy A, Kheirbek MA, (2016).** Distinct contribution of adult-born hippocampal granule cells to context encoding. *Neuron.* ;90:1–12.
- Defani-Scoarize, M. A., Pagliarinis, M. S. et Aguiar, G, (1995a).** Evaluation of meiotic behaviour in double cross maize hybrids and their parents. *Maydica* 40 :319-324).
- Dinç M., Aytaç Z., Dođu S, (2013).** A new species of *Astragalus* (Fabaceae) from Turkey. *Turk J Bot*, 37: 841-846.
- Djerbi M, (1994).** Précis de la phoeniciculture. F.A.O. Rome. 191p.
- Dönnöz E.O., Pinar N.M, (2001).** The clypeate pollen grains of Turkish *Iris* L. (Iridaceae): Subgenus *Scorpiris* Sach. *Turk J Bot*, 25: 57-62.
- Doyle JJ, Luckow MA, (2003).** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiology* 131: 900–910.
- Dulucq N., Tulon M, (1998).** La palynologie et l'environnement du passé. Centre National de préhistoire. Ed du C.N.R.S. France.
- Edeoga HO., Ugbo HN., Osawe PI, (1998).** Palymorphology of species of *Commelina* L. and *Senna* Tourn. Ex. Mill from Nigeria,. *New Bot* 25:1-10.
- Edeoga HO., Ikem IC, (2002).** Structural morphology of the pollen grains in three Nigerian Species of *Boerhavia* L. *New Bot* 29:89-95.
- Edlund A.F., Swanson R., Preuss D, (2004).** Pollen and stigma structure and function: The role of diversity in pollination. *Plant Cell*, 16 (suppl.): S84-S97.
- Ekici M., Yüzbaşıođlu D., Aytaç Z, (2005).** Morphology, pollen, seed structure and karyological study on *Astragalus ovalis* Boiss & Balansa (sect. *Ammodendron*) in Turkey. *Int J Bot*, 1: 74-78.
- Ekici M., Aytaç Z., Akan H., Pinar M, (2008).** A new species of *Astragalus* L. (section *Onobrychoidei* DC.: Fabaceae) from Turkey. *Bot J Linn Soc*, 157: 741-747.
- Erdtman G, (1966).** Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms.

Erskine., F. Maeuhlbauer., A. Sarker and B. Sharma (Eds.) (2009). The Lentil: Botany, Production micromacrospermatophyte pool of lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Euphytica* 156: 305–310.

FAO, (2006). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques, INRAA. FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture).

Faostat- Agriculture, (2011). Food and agricultural commodities production. Food and agriculture organization. Rome.

Furness C.A., Rudall P.J, (1999). Inaperturate pollen in mono-cotyledons. *Int J Plant Sci*, 160: 395-414. Furness C.A., Rudall P.J., 2004. Pollen aperture evolution - a crucial factor for eudicot success? *Trends in Plant Sci*, 9: 154-158.

Furness C.A., Rudall P.J, (2004). Pollen aperture evolution - a crucial factor for eudicot success? *Trends in Plant Sci*, 9: 154-158.

Genes Dev, (1997). Parp is important for genomic stability but dispensable in apoptosis. *Sep 15; 11(18): 2347–2358.*

Guignard, J.L., Dupont, F, (2005). Botanique. 13ème Edition Masson Paris.

Halimi H, (2004). La caractérisation des palmiers dattiers mâles dans la région de Ouargla en vue d'une sélection qualitative, Université de Ouargla. 147 p.

Hamant, O., Ma, H., & Cande, W. Z, (2006). Genetics of meiotic prophase I in plants. *Annual review of plant biology*, 57(January), 267–302. doi:10.1146/annurev.arplant.57.032905.105255.

Hammadi Hamida., Hammouda Dounia., Djeghar Radia, (2018). Distribution of heterochromatic variability in several genotypes of *Lens culinaris* Medik (SSP *Microsperma* and *Macrosperma*). *International journal of science and research*, 7: 1112p

Hammouda D et Khalfallah N, (2009). Analyse des génomes et anomalies chromosomiques chez *X Trtticosecale* Wittmack. *Revue des régions arides Numéro special 24(2/2010) Actes du 3ème Meeting International "Gestion et valorisation des ressources et Applications Biotechnologiques dans Agrosystèmes Arides et Sahariens, Djebba- Tunisie, Tome1, p313-317.*

Hartl., D. Jones., E. Genetics. Analysis of Genes and Genomes, 7th edition. Page 124.

I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Cropspecific regeneration guidelines [CD-ROM].

I.T.G.C, (2013). La culture de la lentille (*Lens culinaris* Medik).

INRAA, (2006). Rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques Juin 2006. Institut National de la recherche agronomique d'Algérie.13 :1111-1992.

Jager, s, (2000). Ragweed (Ambrosia) sensitisation rates conelate with the amount of inhaled airborne pollen. A 14-year study in Vienna, Austria. *Aerobiologia*. 16: 149- 153.

Jahier J., Chevre AM., Delourme R., Eber F., Tanguy AM, (1992). Techniques de cytogénétique végétale. INRA, France, 184p.

Jeffreys, A.J., J.K. Holloway., L. Kauppi, C.A. May, R. Neumann, M.T. Slingsby, and Stevenson RE, (1993). Human Malformations and Related Anomalies. Volume II, Edited. *Oxford University Press*.

Judd ,W.S., Campbell ,C.S., Jules Bouharmont., Kellogg ,E.A., Stevens ,P, (2001). Botanique systématique : une perspective phylogénétique. Edition de boeck.

Kurtz E.B., Liverman J.L, (1958). Some effects of temperature on pollen Characters. *Bull. Torrey Bot Club*, 85 : 136-138.

Lévêque C., Mounoulou J.C, (2001). Biodiversité, Dynamique biologique et conservation. Edition Dunod, Paris.

Lobreau-Callen D, (1975). Les variations dimensionnelles du pollen du genre *Ilex* (Aquifoliaceae) et leurs rapports avec le climat. *Bulletin de La Société Botanique de France* 122: 179-199.

Maghni B., Khedim R., Ait-Hammou M, (2013). Etude palynologique de la flore spontanée de la forêt domaniale de Tiaret. Vol 9: 1112-5888p. *Ecologie-Environnement*.

Malan V., Romana S, (2012). Diagnostic des anomalies chromosomiques par CGH array en pathologie constitutionnelle : la fin du caryotype en première intention Archives de Pédiatrie, 19 : Pp: 437-442.

Maria Teruel, Josefa Cabrero, and Framisco Perfectti, (2009). In order to increase the knowledge of molecular content.

Marie, A. J., Loren L., Rudolf O., et James R , (2007). Chromosome Malorientations after Meiosis II Arrest Cause Non disjunction. Mol Biol Cell. 2007 May; 18(5): 1645–1656.

Maurer, T., Weiss, E., & Barbeite, F , (2003). A model of involvement in work-related learning and development activity: The effects of individual, situational motivational, and age variables. *Journal of Applied Psychology*, 88, 707–724.

Mbagwu., FN., Chime EG., Unamba CIN, (2008). Palynological studies of five species of Asteraceae. *J Pl Sci* 3(1): 126 – 129.

Milne L, (2005). A grain of truth. how pollen brought a murderer to justice. reed new holland publ., sydney, australia.

Mok, D W S, et Peloquin, S J, (1975). Three mechanisms of $2n$ pollen formation in diploid potatoes. *Can J Genet Cytol*, 17, 217–225.

Moore P.D., Webb J.A, (1978). An illustrated guide to pollen analysis. Hodder& Stoughton Ltd., London, Sidney, Auckland, Toronto.

Nirmala, A. et Rao, P.N, (1996). Genesis of chromosome numerical mosaicism in higher plants. *Nucleus* 39: 151-175.).

Ozeker E., Isfendiyaroglu M., Misirli A, (2006). Comparison of different Pistacia spp. in terms of pollination biology in the Yunt Mountains of Manisa Province in Turkey. *Pak J Biol Sci*, 9: 371-376.

Özler H., Kaya Z., Pehlivan S, (2009). Pollen Morphology Of Some Centaurea L. Psephellus Cass. and Cyanus Miller. *Taxa Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 51 (2): 53–66.

Pasternak JJ, (2003). Génétique moléculaire humaine : une introduction aux mécanismes des maladies héréditaires. Sciences médicales, Série Claude Bernard, 1er édition, De Boeck .03 ; 511.

Paula J., Woodward., Anne Kennedy., Roya Sohaey., Janice L.-P Byrne., Karen Y., Oh, Michael D., Puchalski, (2005)." Diagnostic Imaging Obstetric ". Amirsys.

Perveen A., Qaiser M, (1998). Pollen Flora of Pakistan - VIII Leguminosae (Subfamily: Papilionoideae). *Tur J Bot*, 22: 73 - 91.

Pinar N.M., Akan H., Ceter T., Aytac Z., Ekici M., Acar A., Akdogan S, (2014). Comparative pollen morphology of annual *Trigonella L.* (Fabaceae) in Turkey. *Plant Syst Evol.* 300:689–708 .

Pons A, (1958). Le pollen. PUF- Que Sais-Je ? n° 786.

Potapova1, T. et Gary, J. G, (2017). The Consequences of Chromosome Segregation Errors in Mitosis and Meiosis. *Biology (Basel)*. 2017 Mar; 6(1): 12 J. Richard McIntosh, Academic Editor).

Punt W., Blackmore S., Nilsson S., Le Thomas A, (1994). Glossary of pollen and spore terminology. Lab. Palaeobot. Palynol Foundation. Utrecht.

Qureshi S.J., Awan A.G., Khan M.A., Bano S, (2002). Study of pollen fertility of the genus *Launaea* from Pakistan. *Asian J Plant Sci*, 1: 73-74.

Raven ,P. H., Evert ,R. F., Eichlorn ,S. E, (2000). Biologie végétale. La 6ème Edition de boeck ,Paris.

Renault-miskovsky J et Petzold M, (1992). Spore et pollen .Ed. La Duraulie, Paris, 360p.

Ressayre, A., B. Godelle, C. Raquin, and P.H. Gouyon, (2002). Aperture pattern ontogeny in angiosperms. *Journal of Experimental Zoology* 294: 122–135.

Rizk S.G, (1966). Atmospheric nitrogen fixation by legumes under Egyptian conditions.II. Graine Legumes. *Journal of Microbiology*, U.A.R. 1 : Pp:33-45.

Rodap A, (1997). Syndromes de turner et klinefelter diagnostique .Impact internat. Fév:257-60.

- Roeder GS, (1997).** Meiotic chromosomes: ittakestwo to tango. *GenesDev* 11:2600-2621.
- Saskatchewan Agriculture and Food., and University of Saskatchewan, (2000).**
- Saskatchewan, (2002).** Lentill in Saskatchewan. Saskatchewan Agriculture and Food.
- Saxena M. C, (2009).** Plant morphology, anatomy and growth habit. pp. 34-46. In: W.
- Schawartz D., Langham, (2012).** Grows stage of lentil.
- Schlarbaum, S. E., Small, E. et Johnson, L. Johnson, B. Johnson, (1984).** Karyotypic evolution, morphological variability and phylogeny in *Medicago* sect. *Intertextae*. *Plant Systematic and Evolution*. 145: 203- 222.
- Siljak-Yakovlev. S, (1986).** Etude cytogénétique et palynologique de compositae endémiques ou reliques de la flore yougoslave- Thèse Université Paris sud, centre d’Orsay (Texte 221 p., illustration 104 p).
- Soltis , D. E, V. A. Albert , J. Leebens-Mack , C. D. Bell , A. H. Paterson , C. F. Zheng , D. Sankoff , et AL, (2009).** Polyploidy and angiosperm diversifi cation. *American Journal of Botany* 96 : 336 – 348 .
- Staginnus, C., Winter, P., Desel, C., Schmidt, T., Kahl, (1999).** Molecular structure and chromosomal localization of major repetitive DNA families in the chickpea (*Cicer arietinum* L.) genome. *Plant molecular Biology*,39, 1037-1050.
- Stebbins G.L, (1971).** Chromosomal evolution in higher plants. E. London: Arnold, 216 p.
- Stebbin, G. L, (1971).** Chromosomal Evolution in Higher Plants. Addison Wesley Publishing Co., CA, USA.
- Street K., Rukhkyan N. and Ismail A, (2008).** Directives pour la régénération: lentille. In: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 10 pp.
- Tahiri Jouti N, (2015-2016).** Cours de Biologie, Université Hassan II Faculté de Médecine et de Pharmacie, Casablanca.

- Till I., Valdeyron G., Gouyon P.H, (1987).** Polymorphisme pollinique et polymorphisme génétique. *Can J Bot*, 67: 538-543.
- Towill L.E, (1985).** Low temperature and freeze-vacuum drying preservation of pollen. Dans: K.K. Katho (éd.). Cryopreservation of plant cells and organs. CRC Press Inc., Boca Raton: transgressivesegregants in earlygenerationusing single seeddescentmethod-derived tropicale. Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas. P:102.
- Turleau C ., Prieur M, (2000).**Types, fréquences et mécanismes de formation des anomalies chromosomiques. Service de cytogénétique Necker Enfants Malades.
- Vandenberg., Slinkard, (1990).** Genetics of seed coats color and pattern in lentil. *Journal of Heredity*. 81: 484–488.
- Villodre JM., Garcia-Jacas N, (2000).** Pollen studies in subtribe Centaureinae (Asteraceae): the Jacea group analyzed with electron microscopy. *Botanical Journal of the Linnean society* 133:473-484.
- Walker J.W., Doyle J.A, (1975).** The bases of angiosperm phylogeny: palynology. *Ann Missouri Bot Garden*, 62: 664-723.
- Walker JW., Doyle JA, (1975).** The bases of angiosperm phylogeny: Palynology. *Ann Missouri Bot Gard*, 62: 664-723.
- Webb. A.J, (2003).** Meiotic recombination hot spots and human DNA diversity. *Phil TransR Soc Lond* 359: 141-152.
- Wenger, G, (2004).** La vogue des légumineuses et autre légumes à cosse. Séminaire professionnelle de la fédération de producteur suisse de lait PSL pour les enseignants en économie familiale.
- Wodehouse R.P, (1928).** The Phylogenetic Value of Pollen-Grain Characters. *Annals Bot*, XLII: 891-936.
- Wodehouse R.P, (1935).** Pollen grains. Their structure, identification and significance in science and medicine. McGraw-Hill Book Company, New York London. 574.

Wolfe , K. H, (2001) . Yesterday's polyploids and the mystery of diploidization. Nature Reviews. Genetics 2 : 333 – 341 .

Zhu, H., Choi, H.K., Cook ,D .R., Shoemaker, R.C, (2005). Bridging Model and Crop Legumes through Comparative Genomics. Plant Physiology 137: 1189–1196.

Zickler D., & Kleckner, N, (1999). Integrating Structure and Function, 603–754.

Zohary D, (1972). The wild progenitor and the place of origin of the cultivated lentil *Lens* 171-198.

Site web

https://maktoob.images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=awrj5sydxktcsImagenvlqx.;_ylu=x3odmtbsz29xy3zzbhnlywnzzwfyy2gec2xra2j1dhrvbg;_ylc=x1mdmjexndc1ndawnqrfgm_ybgfjdg4dy2xrbgjjawmycwj0nwxoyw8yztjwjtj2yiuzrdmlmjzzjtne. visité le : 16/06/2019

<http://atlasgeneticsoncology.org/Educ/PolyMecaFr.html>. visité le : 19/06/2019

<https://www.msmanuals.com/fr/accueil/probl%C3%A8mes-de-sant%C3%A9-infantiles/anomalies-chromosomiques-et-g%C3%A9n%C3%A9tiques/pr%C3%A9sentation-des-anomalies-chromosomiques-et-g%C3%A9n%C3%A9tiques>. visité le : mars 2019

http://www.sante.ujfgrenoble.fr/SANTE/cms/sites/medatice/pcem2/pcem2/docs/20120530081428/Les_anomalies_chromosomiques_de_structure. visité le : décembre 2018

<http://wd.fmpm.uca.ma/biblio/theses/annee-htm/FT/2015/these52-15.pdf>. visité le : 24/04/2019

http://www.etab.accaen.fr/discip/action_culturelle_academique/services_educatifs/pdf/sdac_palinologie.pdf. visité le : mai 2019

file:///C:/Users/Acer/Downloads/identification_des_pollens.pdf. visité le : 16/05/2019

<http://legume.ipmpipe.org>. visité le : juin 2019

<https://images.search.yahoo.com>. visité le : juin 2019

<https://www.google.com/search?q=Forme+d%E2%80%99un+chromosome>. visité le : mai 2019

<https://www.google.com/search?q=les+quatre+phases+de+la+m%C3%A9iose>. visité le :09/06/2019

<https://www.google.com/search?q=:+Repr%C3%A9sentation+sch%C3%A9matique+de+la+microsporog%C3%A9n%C3%A8se+chez+les+angiospermes>. visité le : 16/06/2019

Résumé

Cette étude contribue à la connaissance, et l'exploitation de la diversité sur deux études cytogénétiques et palynologiques, détaillée de 9 géotypes de l'espèce *Lens culinaris* $2x=2n=14$ où le nombre de base $x=7$ ont été réalisés à l'aide de techniques (éthanol-chloroforme-acide acétique 6 :3:1; V/V).

D'après les résultats obtenus, d'une part nous avons observé toutes les étapes de la méiose de cette espèce. Concernant les anomalies liées à la méiose, leurs types sont différents « les chromosomes B, les chromosomes retardataire, micronoyaux et orientation anormale » conduisant à la fois à des facteurs génétiques (hybridations) et des facteurs environnementaux dans les populations. D'une autre part, Les résultats de l'analyse palynologique attestent que la variabilité s'exprime en termes de taille « longueur et largeur des grains de pollen, sillons et pores », de forme des grains de pollen « prolata » de type « tricolporate », de leur viabilité qui présente un taux élevé chez tous les géotypes, et même la détection des pollens étranger qui appartient à la famille des Centaurées.

Les résultats obtenus, confirment une corrélation positive entre les deux études dont la palynologie est le résultat de la méiose.

Mots clés :

Lens culinaris Medik, Géotypes, Méiose, Anomalies chromosomiques, Grain de pollen, Test de viabilité.

Abstract

This study contributes to the knowledge, and exploitation of diversity on two cytogenetic and palynological studies, detailed of 9 genotypes of the species *Lens culinaris* $2x = 2n = 14$ where the base number $x = 7$ were made at the using techniques (ethanol-chloroform-acetic acid 6: 3: 1; V / V).

From the results obtained, on the one hand we observed all the stages of meiosis of this species. Regarding meiosis-related abnormalities, their types are different "B chromosomes, lateral chromosomes, micronuclei and abnormal orientation" leading to both genetic factors (hybridizations) and environmental factors in populations. On the other hand, the results of the palynological analysis show that the variability is expressed in terms of size "length and width of pollen grains, furrows and pores", shape of "prolate" pollen grains of type "tricolporate", their viability, which is high in all genotypes, and even the detection of foreign pollen belonging to the Centaury family.

The results obtained confirm a positive correlation between the two studies whose palynology is the result of meiosis.

Keywords :

Lens culinaris Medik, Genotypes, Meiosis, Chromosomal abnormalities, Pollen grain, Viability test.

ملخص

x هذه الدراسة تساهم في معرفة واستغلال التنوع على كل من الدراسات الوراثة الخلوية وحبوب اللقاح مفصلة ل 9 أنواع وراثية لنوع العدس *Lens culinaris* حيث $2x = 2n = 14$ حيث $x=7$ العدد الأساسي

باستخدام التقنيات (حمض كلوروفورم الإيثانول 6: 3: 1 ؛ ح/ح).

من النتائج التي تم الحصول عليها، من ناحية لاحظنا جميع مراحل الانقسام الاختزالي لهذا النوع. وفيما يتعلق تشوهات وأنواعها هي مختلفة "الكروموسومات المتباطئة، النويات والتوجه الشاذ و كروموزوم ب" التي أثناء الانقسام الاختزالي " تقود على حد سواء لعوامل وراثية (الهجينة) والعوامل البيئية في المجموعات

من ناحية أخرى، أظهرت نتائج التحليل الخاص ب حبوب الطلع أن التباين يعبر عنه من حيث الحجم "طول وعرض حبوب اللقاح الأخاديد والمسام و شكل حبوب اللقاح ، وهي نسبة عالية في جميع ' tricolporate ". حبوب اللقاح ، ، ة تؤكد النتائج التي تم . Centaury بقابليتها الأنماط الوراثة ، وحتى اكتشاف حبوب اللقاح الأجنبية التي تنتمي إلى عائلة الحصول عليها وجود علاقة إيجابية بين الدراستين اللتين كانت دراسة حبوب الطلع هي نتيجة الانقسام الاختزالي

الكلمات المفتاحية

الطرز الوراثة ، الانقسام الاختزالي ، تشوهات الكروموسومات ، حبوب اللقاح ، اختبار الجدوى.

Lens culinaris

ANALYSE MÉIOTIQUE ET PALYNOLOGIQUE DE QUELQUES GÉNOTYPES DE LA LENTILLE CULTIVÉE (*LENS CULINARIS*).

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale

Résumé :

Cette étude contribue à la connaissance, et l'exploitation de la diversité sur deux études cytogénétiques et palynologiques, détaillée de 9 génotypes de l'espèce *Lens culinaris* $2x=2n=14$ où le nombre de base $x=7$ ont été réalisés à l'aide de techniques (éthanol-chloroforme-acide acétique 6 :3:1; V/V).

D'après les résultats obtenus, d'une part nous avons observé toutes les étapes de la méiose de cette espèce. Concernant les anomalies liées à la méiose, leurs types sont différents « les chromosomes B, les chromosomes retardataire, micronoyaux et orientation anormale » conduisant à la fois à des facteurs génétiques (hybridations) et des facteurs environnementaux dans les populations. D'une autre part, Les résultats de l'analyse palynologique attestent que la variabilité s'exprime en termes de taille « longueur et largeur des grains de pollen, sillons et pores », de forme des grains de pollen « prolata » de type « tricolporate », de leur viabilité qui présente un taux élevé chez tous les génotypes, et même la détection des pollens étranger qui appartient a la famille des Centaurées.

Les résultats obtenus, confirment une corrélation positive entre les deux études dont la palynologie est le résultat de la méiose.

Mots clés : *Lens culinaris* Medik, Génotypes, Méiose, Anomalies chromosomiques, Grain de pollen, Test de viabilité.

Laboratoire de recherche : Laboratoire de cytogénétique.

Jury d'évaluation :

Président : Mr. *BENBELKACEM Abdelkader* (DR - INRA Constantine),
Encadrant : Mme. *HAMMOUDA Dounia* (MCA - UMC Constantine),
Examineur : Mr. *KELLOU Kamel* (MAA - UMC Constantine).

Date de soutenance : 18 /07/2019