



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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



Université des Frères Mentouri Constantine 1

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

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 :

**Etude comparative caryo-morphologique de trois espèces
légumineuses alimentaires : *Vicia faba* L, *Lens culinaris* Medik
et *Cicer arietinum* L.**

Présenté et soutenu par : *BOUREZAZ Oumeima*

Le : 07/07/2020

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : *Melle. BOUCHEMAL Karima* (MAB - UFM Constantine).

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

Examinatrice: *Mme. KACEM Nadia Sandra* (MCB - UFM Constantine).

*Année universitaire
2019 - 2020*

Remerciements

*Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme « **HAMMOUDA BOUSBIA Dounia** » Maître des conférences A- UFM Constantine 1, je vous remercie pour votre qualité d'encadrement exceptionnel, pour votre patience et votre disponibilité durant ma préparation de ce mémoire.*

*Je remercie Melle « **BOUCHEMAL Karima** » Maître assistante B -UFM Constantine 1 qui nous a fait l'honneur de présider la jury.*

*Mes remerciements aussi à Mme « **KACEM Nadia Sandra** » Maître des conférences B- UFM Constantine 1 pour le temps consacré à examiner ce modeste travail.*

*Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel du laboratoire de l'université de Constantine « chaabet el rasas » pour leur générosité et leur bonne humeur et plus précisément à la doctorante « **HAMANI Hanene** » pour son aide et son encouragements.*



Dédicaces

*C'est grâce à ALLAH que j'ai eu le courage et la force
d'accomplir ce modeste travail.*

A mes chers parents,

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour
éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez
consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie
pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon
enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

Mes sœurs Houda et Meroua,

*Qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de
courage et de générosité.*

*À mon encadrant Mme HAMMOUDA BOUSBIA Dounia qui
je veux remercier bien.*

*L'ensemble des enseignants de la spécialité « BTGV » pour avoir
consacré leur temps et leur savoir-faire afin de nous faire
bénéficier de la meilleure formation.*

*À mes amies(s) qui n'ont pas cessé de m'aider et de me conseiller
pour accomplir mon travail.*

*Et bien sur à toute mes amies(s) de la promotion de la spécialité
M2 BTGV Avec qui j'ai partagé les plus beaux souvenirs de
la vie.*

Oumeïma,



Résumé

Nos travaux de recherche se rapportent à des questions relatives aux ressources génétiques de quelques espèces cultivées légumineuses alimentaires (*Vicia faba*, *Lens culinaris*, *Cicer arietinum*), et ceci à travers l'organisation du génome en relation avec les mécanismes de la sélection, par le biais des approches cytogénétiques. Dans ce contexte, nous démarrons nos travaux par une étude cytogénétique classique dans le but de déterminer le nombre de base et d'identifier et caractériser les chromosomes des génotypes de chaque espèce.

Les résultats obtenus montrent les types de formes caryo-morphologiques à travers l'établissement des caryotypes. Une analyse comparative intra et interspécifique, nous a permis de faire la distinction entre eux : $2n=2x=12$ ou 14 pour *Vicia faba* L, $2n=2x=14$ pour *Lens culinaris* Medik et $2n=2x=16$ pour *Cicer arietinum* L, leurs caryotypes sont symétriques : 6 ou 5 paires chromosomiques acrocentriques et une paire métacentrique, 3 paires chromosomiques submétacentriques et 4 paires chromosomiques métacentriques, 4 paires chromosomiques submétacentriques et 4 autres paires chromosomiques métacentriques, respectivement.

Egalement, les satellites sont présents chez les trois espèces étudiées ; on trouve aussi la constriction secondaire ainsi que les chromosomes B, sauf pour le pois chiche ces deux derniers sont absents. Nous déduisons que les génotypes portant les satellites et les chromosomes B sont mieux adaptés aux conditions climatiques défavorables.

Mots clés : Légumineuses, Caryotypes, Nombre de base, Satellites, Chromosome B, Constriction secondaire.

ملخص

ترتبط أبحاثنا بالأسئلة المتعلقة بالموارد الوراثية لعدد من أنواع البقوليات المزروعة (*Vicia faba* ، *Lens culinaris* ، *Cicer arietinum*)، وذلك من خلال تنظيم الجينوم فيما يتعلق بآليات الاختيار، بواسطة نهج الوراثة الخلوية. في هذا السياق، بدأنا عملنا بدراسة وراثية خلوية كلاسيكية من أجل تحديد العدد الأساسي وتمييز الكروموزومات للأنماط الجينية لكل نوع.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنواع الأشكال المورفولوجية من خلال إنشاء الأنماط وسمح لنا التحليل المقارن داخل وبين الأنواع بالتمييز بينهم: $2n = 2x = 12$ أو $2n = 2x = 14$ ، *Vicia faba* L و $2n = 2x = 14$ ، *Lens culinaris* و $2n = 2x = 16$ ، *Cicer arietinum* L ، الأنماط كلها متناظرة: 6 أو 5 أزواج كروموزوم *acrocentriques* و زوج واحد *métacentrique* ، 3 أزواج كروموزوم *submétacentriques* و 4 أزواج كروموزوم *métacentriques* و 4 أزواج كروموزوم *submétacentriques* و 4 أزواج كروموزوم أخرى *métacentriques*، على التوالي.

إضافة لما سبق، الأقمار متواجدة في جميع الأنواع؛ كما نجد أيضا *constriction secondaire* و الكروموزومات B، باستثناء الحمص، أين يكون هذان الأخيران غائبين. نستنتج أن الأنماط الجينية التي تحمل الأقمار وكروموزومات B تتكيف بشكل أفضل مع الظروف المناخية الغير ملائمة.

الكلمات المفتاحية: البقوليات، الأنماط، الرقم الأساسي، الأقمار، الكروموزوم B، *Constriction secondaire*.

Abstract

Our research works are associated to questions relative to the genetic resources of the few cultivated leguminous food species (*Vicia faba*, *Lens culinaris*, *Cicer arietinum*), and this through the organization of the genome in relation to the mechanisms of selection, via cytogenetic approaches. In this context, we start our work with a classical cytogenetic study in order to determine the base number, identify and characterize the chromosomes of the genotypes of each species.

The results obtained show the types of caryo-morphological forms through the establishment of karyotypes. An intra and interspecific comparative analysis allowed us to distinguish between them : $2n = 2x = 12$ or 14 for *Vicia faba* L, $2n = 2x = 14$ for *Lens culinaris* Medik and $2n = 2x = 16$ for *Cicer arietinum* L, their karyotypes are symmetrical : 6 or 5 acrocentric chromosome pairs and one metacentric pair, 3 submetacentric chromosome pairs and 4 metacentric chromosome pairs, 4 submetacentric chromosome pairs and 4 other metacentric chromosome pairs, respectively.

Also, the satellites are present in all the studied species ; as well as the secondary constriction and the B chromosomes, except for the chickpea the last two mentioned are absent. We deduce that the genotypes carrying the satellites and the B chromosomes are better adapted to the unfavorable climatic conditions.

Key words : Legume, karyotypes, Base number, Satellites, B chromosome, Secondary constriction.

Liste des abréviations

BC : Bras courts.

BL : Bras longs.

C.C.L.S : Coopératives de céréales et légumes secs.

C° : Le degré Celsius.

D : La différence entre les longueurs des bras longs BL et des bras courts BC.

I.T.G.C : L'institut technique de grandes cultures .

IAs % : L'indice d'asymétrie.

ICARDA : International Center for Agricultural Research Dry Areas, Centre International de la Recherche Agricole en Zones Arides).

LR : La longueur relative des chromosomes.

LT : La longueur totale des chromosomes.

m : Métacentrique sensu largo

Min : Minute.

NOR : organisation ribosomique nucléolaire

r : Bras longs sur les bras courts.

R : La plus longue paire de chromosomes sur la paire de chromosomes la plus courte.

sm :Submétacentrique.

St : satellite.

t: Acrocentrique.

µm : Micro mètre.

Liste des figures

Figure 1: Quelques graines de légumineuses alimentaires.....	5
Figure 2: Les différentes parties de la fève <i>Vicia faba</i> L a : Système caulinaires b : Système racinaires.....	8
Figure 3 : Morphologie d'une plante de lentille <i>Lens culinaris</i> : (1) Plante, (2) Feuilles, (3) Gousse, (4) Graine.	9
Figure 4 : Morphologie du pois chiche <i>Cicer arietinum</i>	10
Figure 5 : Cycle de vie d'une plante légumineuse	11
Figure 6: Classification de <i>vicia faba</i> L	14
Figure 7 : (a) Graines de <i>Vicia faba</i> major, (b)Graines de <i>Vicia faba</i> minor et (c)Graines de <i>Vicia faba</i> equina.....	15
Figure 8 : Différents variétés de lentille.....	16
Figure 9 : Les 2 groupes principaux de pois chiche kabuli et desi.....	17
Figure 10 : Évolution de la production de légumes secs en Algérie entre 2016 et 2017.....	18
Figure 11 : Maladies affectant les légumineuses	20
Figure 12 : Schéma représentatif d'exigence des cultures des plantes.....	22
Figure 13 : Schéma des principaux avantages agronomiques et capacités de phyto remédiation de <i>Vicia</i> spp.....	28
Figure 14 : Caryotypes marqués par des bandes C de génotypes de <i>Lens culinaris</i> . Trois groupes sont déterminés: G1 (Dahra, Nil 45, Idlep2, Idlep3, Balkan 755), G2 (Syrie 229, Metropole, Flip 90-31), G3 (Idlep1, Redjas).....	29
Figure 15 : Les graines des génotypes appartenant aux espèces étudiées.....	33
Figure 16 : Photomicroscope de type Leica DM 4000.....	35
Figure 17 : Caryotype de l'espèce <i>Vicia faba</i> L. (génotype. Aguadulce).....	39

Figure 18 : Caryotype de l'espèce <i>Vicia faba</i> L. (génotype. sidi Aich).....	39
Figure 19 : Caryotype de l'espèce <i>Vicia faba</i> L. (génotype. Shale).....	42
Figure 20 : Caryotype de l'espèce <i>Vicia faba</i> L. (génotype. Histal).....	42
Figure 21 : Caryotype de l'espèce <i>Lens culinaris</i> Medik. (variété Syrie 229).....	46
Figure 22 : Caryotype de l'espèce <i>Lens culinaris</i> Medik. (variété Metropol).....	46
Figure 23 : Caryotype de l'espèce <i>Lens culinaris</i> Medik. (variété Flip 90-31).....	48
Figure 24 : Caryotype de l'espèce <i>Cicer arietinum</i> L. (variété Flip).....	51
Figure 25 : Caryotype de l'espèce <i>Cicer arietinum</i> L. (variété Ghab 5).....	51
Figure 26 : Représentation des caryogrammes et des idiogrammes de quatre génotypes de <i>Vicia faba</i> L.....	54
Figure 27 : Représentation des caryogrammes et des idiogrammes de trois génotypes de <i>Lens culinaris</i> Medik.....	57
Figure 28 : Représentation des caryogrammes et des idiogrammes de trois génotypes de <i>Cicer arietinum</i> L.....	59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de quelques graines de légumineuses (sec).....	4
Tableau 2 : Dates de semi et récolte des espèces étudiées.....	12
Tableau 3 : La classification botanique de la fève, lentille et pois chiche.....	12
Tableau 4 : Composition nutritionnelle de fève, lentille et pois chiche selon	17
Tableau 5 : Nomenclature chromosomique proposée par Levan et al (1964).....	24
Tableau 6 : Liste des espèces avec leurs génotypes introduites dans l'étude cytogénétique...32	
Tableau 7 : Données morphométriques de génotype Aguadulce.....	38
Tableau 8 : Données morphométriques de génotype féverole (Sidi Aich).....	40
Tableau 9 : Données morphométriques de la variété Shale.....	41
Tableau 10 : Données morphométriques de la variété Histal.....	43
Tableau 11 : Données morphométriques de la variété Syrie 229.....	44
Tableau 12 : Données morphométriques de la variété Metropole.....	45
Tableau 13 : Données morphométriques de la variété Flip 90-31.....	47
Tableau 14 : Données morphométriques de la variété Flip.....	49
Tableau 15 : Données morphométriques de la variété Ghab 5.....	50
Tableau 16 : Comparaison interspécifique entre les 3 espèces <i>Vicia faba</i> L, <i>lens culinaris</i> Medik, et <i>Cicer arietinum</i> L.....	60

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Chapitre I : Revue bibliographique

I/1 Généralités sur la famille des fabacées.....3

I/2 Caractéristiques des légumineuses alimentaires.....3

I/3 Descriptions des trois espèces d'études: *Vicia faba* L, *Lens culinaris* Medik et *Cicer arietinum* L.....5

I/3/1 Origine et répartition géographique.....5

I/3/2 Caractéristiques morphologiques.....6

I/3/3 Cycle biologique11

I/3/4 Classification botanique et génétique12

I/3/4/1 Classification botanique12

I/3/4/2 Classification génétique.....13

I/3/5 Liste des sous espèces et variétés14

I/3/6 Différents intérêts17

I/3/7 Les principales maladies affectant les espèces étudiées.....19

I/3/8 L'exigences de culture de chaque espèces20

I/4 Notions cytogénétiques.....23

I/4/1	Génome.....	23
I/4/2	Le Caryotype.....	23
I/4/3	L'asymétrie.....	24
I/4/4	La constriction secondaire.....	24
I/4/5	Les satellites.....	25
I/4/6	Le chromosome B.....	25
I/5	Quelques travaux réalisés sur les légumineuses alimentaires.....	26

Chapitre II : Matériel et méthodes

II/1	Matériel végétal.....	31
II/2	Méthode utilisée.....	31

Chapitre III : Résultats et discussion

III/1	Résultats.....	37
III/1/1	Résultats de la fève (<i>Vicia faba</i> L).....	37
III/1/2	Résultats de la lentille (<i>Lens culinaris</i> Medik).....	43
III/1/3	Résultats du pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L).....	49
III/2	Discussion.....	52
III/2/1	Comparaison intraspécifique : entre les variétés de chaque espèce.....	52
❖	La fève (<i>Vicia faba</i> L).....	52
❖	La lentille (<i>Lens culinaris</i> Medik).....	55
❖	Le pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L).....	57
III/2/2	Comparaison interspécifique : entre les trois espèces.....	59
	Conclusion et perspectives.....	61

Références bibliographiques

Introduction

La diversité génétique est la base de l'amélioration des plantes. La connaissance de cette diversité a un impact significatif sur le progrès de la sélection des plantes cultivées.

la famille des légumineuses est subdivisée en 3 sous familles : *Mimosoideae*, *Caesalpinoideae*, et *Faboideae* ou *Papilionoideae*. On y trouve des plantes herbacées, grimpantes, et des vrais arbres. Elles peuvent être annuelles, vivaces, à feuilles caduques ou persistantes (APG, 2016).

Les légumineuses alimentaires sont considérées comme les plantes les plus cultivées par l'homme et depuis longtemps. Elles occupent une place importante, dans l'alimentation aussi bien humaine qu'animale. Elles jouent un rôle important dans le développement et l'économie nationale du monde entier (Khaldi et al., 2002). Vu leurs adaptations faciles aux différents milieux, nous pouvons les rencontrer dans la plupart des régions du monde.

La richesse des légumineuses en protéines permet de corriger dans une certaine mesure les carences en protéines animales, ainsi que le déséquilibre alimentaire des populations qui ont tendance à se nourrir exclusivement de céréales, selon Obaton (1980) un hectare de légumineuses alimentaires produit un tonne de protéines, soit 10 fois plus qu'une production d'un élevage à viande sur la même surface.

En Algérie, la production des légumineuses fourragères et alimentaires constituent en plus des céréales les défis majeurs de l'agriculture. La région de l'est algérien présente un climat méditerranéennes relevant des étages bioclimatiques humide, subhumides et semi-aride, elle se caractérise par une grande diversité de légumineuses spontanées et cultivées (FAO, 2006).

Parmi les légumineuses les plus consommée au monde, la fève (*Vicia faba* L), une plante herbacée annuelle destinées tant à la consommation humaine (légume sec ou frais) ainsi qu'à l'alimentation animale (féverole) et cultivée depuis longtemps dans des régions agro-climatiques diverses. La lentille (*Lens culinaris* Medik), cette plante est une légumineuse de domaine traditionnel en Asie à l'ouest, l'Ethiopie et l'Afrique du Nord (Brink et Belay, 2006), En Algérie, Beaucoup de variétés de lentilles cultivées ont disparu et de nos jours la lentille cultivée est soit locale de mélanges variables ou d'origine européenne. Le pois chiche (*Cicer arietinum* L) est une autre légumineuse annuelle et auto fécondée qui produit des graines de différents dimensions.

Ces légumineuses tiennent une part très importante des travaux accomplis dans divers domaines tel que : l'agronomie, la botanique, la biochimie, l'entomologie, la phytopathologie, et la physiologie (**Baudoin,2001**).

Le présent travail s'inscrit dans un cadre de projet de recherche portant sur une étude cytogénétique des Fabacées (légumineuses alimentaires), mené au laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologies végétales. Je me suis intéressée à l'étude comparative caryomorphologique de 9 génotypes appartenant à trois espèces alimentaires : *Vicia faba* L ($2n=2x=12$ et $2n=2x=14$), *Lens culinaris* Medik ($2n=2x=14$) et *Cicer arietinum* L ($2n=2x=16$) dévoilés par la technique de coloration classique afin d'établir une analyse comparative intra et interspécifique par la mise en évidence :

- Du dénombrement et identification des chromosomes des génotypes de chaque espèce.
- Etude des formes caryo-morphologiques et établissement des caryotypes.

Le travail comporte 3 chapitres :

- Le premier chapitre porte sur une analyse bibliographique des espèces d'étude *Vicia faba* L, *Lens culinaris* Medik et *Cicer arietinum* L ainsi que des caractéristiques générales sur la cytogénétique.
- Le 2^{ème} chapitre est consacré à la méthodologie de travail adopté au laboratoire.
- Le dernier chapitre est consacré aux résultats et discussions.

On clôture ce travail par une conclusion dont laquelle on récapitule les connaissances acquises lors de ce travail suivis par des perspectives.



Chapitre I :

Revue bibliographique



I/1 Généralités sur la famille des fabacées

La grande famille des Fabaceae doit son unité à son fruit, appelé gousse ou légume, d'où l'autre dénomination de légumineuses sous laquelle cette famille est plus connue. Les Fabaceae constituent une des plus grandes familles des Angiospermes, après les Orchidaceae (23 000 espèces) et les Asteraceae (22 000 espèces) (Yahara et al.,2013) avec plus de 770 genres et 19 500 espèces (Azani et al.,2017) réparties aussi bien en milieu tempéré que tropical (Wojciechowski et al., 2004).

Cette famille présente trois sous-familles :

-*Mimosoideae* (56 genres environ 3000 espèces) aux fleurs régulières (actinomorphes) groupées en têtes globuleuses.

-*Caesalpinioideae* (150 genres et 2500 espèces) aux fleurs pseudo-papilionacées (généralement zygomorphes).

-*Faboideae* ou *Papilionoideae* (429 genres et environ 12000) espèces aux fleurs typiques en « papillon » (zygomorphes).

Elle comprennent des espèces des formes herbacées se rencontrent surtout dans les régions tempérées et les formes arborescentes dans les régions chaudes , et la prédilection des plantes de cette famille pour les habitats arides ou semi-arides est reliée à leur métabolisme dépendant de l'azote, qui est considérée comme une adaptation aux variations climatiques et imprévisibles de l'habitat. En effet, la fixation de l'azote via la symbiose légumineuses-rhizobium permet aux plantes d'obtenir des taux élevés en azote ammoniacal au niveau de leurs racines en fonction de la demande de leur métabolisme (Wojciechowski et al., 2004).

Cette famille est composée de variétés horticoles et beaucoup d'espèces sont récoltées dans un but alimentaire, tant pour l'alimentation humaine (haricot, pois, fève, soja) qu'animale (trèfle, luzerne, sainfoin), pour leur huile (arachide, soja), leurs fibres, comme combustible, pour leur bois, leur utilisation en médecine (spartéine extraite du genêt à balais, réglisse) ou en chimie (Wojciechowski et al., 2004).

I/2 Caractéristiques des légumineuses alimentaires

Le types biologiques varies des arbres, arbustes, herbes annuelles ou vivaces;

✚ Les **racines** sont généralement pivotantes et laissent apparaitre des nodosités à *rhizobium* qui se forment si le sol est pauvre en azote (Dupont et Guignard, 2007).

- ✚ Les **feuilles** sont généralement alternes, pennées ou trifoliolées et stipulées. Cependant on peut noter quelques évolutions : la foliole terminale peut être absente (fève) ou en forme de vrille (vesce).
- ✚ L'Inflorescences en racèmes ou en grappes plus ou moins allongées.
- ✚ les **fleurs** sont hermaphrodites zygomorphes (5 pétales, 10 étamines).
- ✚ Toutes les Fabaceae possèdent un **ovaire** formé d'un seul carpelle. Celui-ci est surmonté d'un style et d'un stigmate (**Meriane D, 2018**) .
- ✚ Le **fruit**, élément le plus constant et qui caractérise cette famille, est appelé gousse ou légume indéhiscentes ou déhiscentes à maturité s'ouvrant en deux valves (**Belesi, 2009**).

La famille des légumineuses appelée aujourd'hui fabacée (**Peron, 2006**), représente une famille d'une grande importance économique et occupe le second rang après les céréales comme culture alimentaire dans le monde (**Rochester et al., 2001**). selon la **FAO (2014)** , plus de 300 millions de tonnes de légumineuses (soja, arachide, haricots, pois, fèves et lentilles) sont produites dans le monde (dont les deux-tiers pour le soja) sur une surface de 190 million ha (soit 13 % des surfaces cultivées, contre 70 % pour les céréales) . Les légumineuses alimentaires ont une grande importante source protéique (**Rugheim et al., 2012**) et se présentent comme un substitut aux protéines animales, disponibles à travers les viandes rouges et blanches qui sont difficilement accessibles à de larges couches de la population, mais aussi pour la production animale en termes de nourriture animale et de fourrages. Elles contiennent généralement 20-35 g de protéines pour 100 g (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de quelques graines de légumineuses (sec)
(**Rémond et Walrand, 2017**)

Pour 100 g	Energie Kcal	Protéines G	Lipides g	Glucides g	Fibres g
Haricot blanc	333	23.4	0.9	60.3	15.2
Lentilles	352	24.6	1.1	63.4	10.7
Pois chiche	378	20.5	6.0	63.0	12.2
Fève	341	26.1	1.5	58.3	25
Soja	446	36.5	19.9	30.2	9.3

En Algérie, elles sont cultivées sur les zones littorales jusqu'aux hauts plateaux, on trouve de nombreuses espèces potagères comme le pois chiche, le haricot, la fève, le pois et la lentille (**Lazali, 2014**) (**Figure 1**).

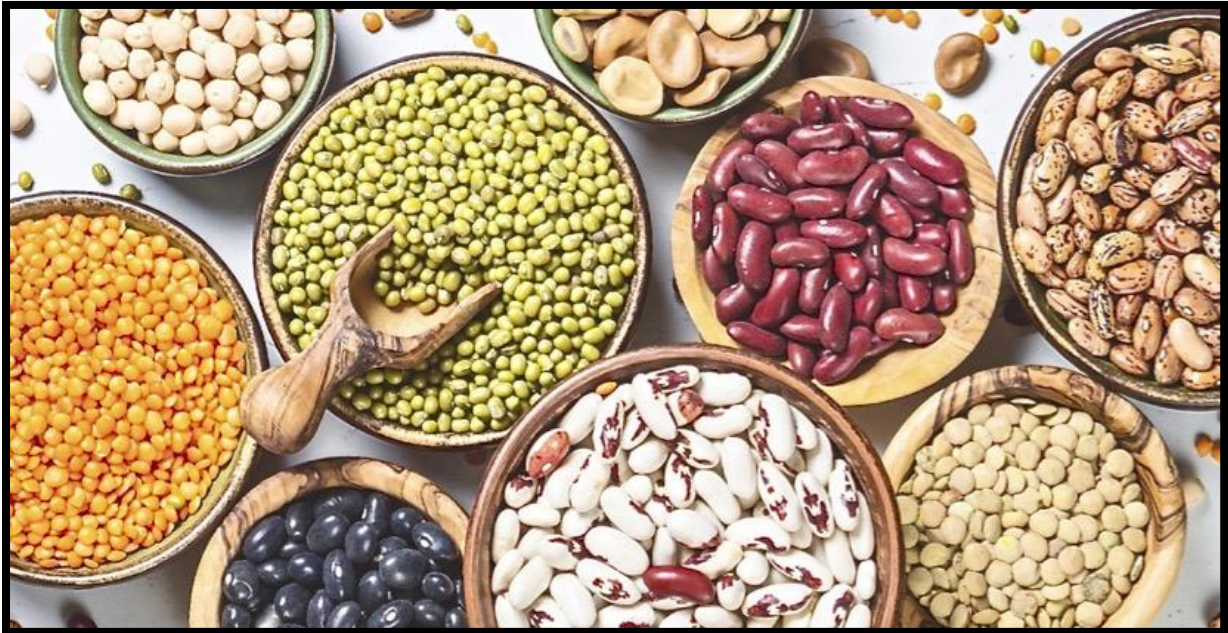


Figure 1: Quelques graines de légumineuses alimentaires

I/3 Description des trois espèces d'études : *Vicia faba* L , *Lens culinaris* Medik et *Cicer arietinum* L

I/3/1 Origine et répartition géographique

- ***Vicia faba* L**

Selon **Peron, (2006)** la fève est parmi les plus vieilles espèces légumières. Elle est classée parmi les Légumineuses les plus anciennement cultivées, (**Laumonier, 1979**). D'après **Mathon, (1985)**, elle est originaire des régions méditerranéennes du moyen-Orient.

A partir de son centre d'origine, elle s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil, jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde. L'Afghanistan et l'Ethiopie devient par la suite, les centres secondaires de dispersion (**Zaidi et Mahiout, 2012**).

- ***Lens culinaris* Medik**

La lentille est une des plus anciennes plantes cultivées en Asie , en Egypte, et en Europe, Ses centres d'origine sont le proche orient et l'Asie de l'Ouest (**Mc Vincer et al., 2010**), Les premiers signes archéologiques de cette culture datent il y a 10.000 ans , c'est l'un des aliments

les plus appréciés partout dans le monde pour ses qualités nutritionnelles (Costa et al., 2006). A la période de l'Empire romain, les premières voies de communication ont permis d'importer la lentille à travers l'Europe. La lentille a acquis son nom scientifique (*Lens culinaris* Medik) en 1787 par le botaniste Allemand Medikus (Cubero, 1981 ; Sehirali, 1988 ; Henelt, 2001).

Dorénavant, elle est cultivée un peu partout dans le monde et on ne la trouve presque plus à l'état naturel. Cependant, le plus grand producteur de lentille dans le monde reste le Canada, bien que la France, la Belgique et la Suisse produisent également leurs propres lentilles.

- ***Cicer arietinum* L**

Le pois chiche est domestiqué un peu plus tardivement que le pois et la lentille, vers 5000 ans. On a longtemps cru que le pois chiche venait du sud-ouest asiatique, mais la découverte relativement récente d'un de ses ancêtres sauvages (*Cicer reticulatum*) en Turquie a permis de déterminer qu'il était originaire du Proche-Orient et qu'il y était consommé il y a des milliers d'années (Ladizinski, 1987). De là, il s'est disséminé vers le sud de l'Europe, le nord de l'Afrique, l'Asie puis, plus tardivement, dans le reste du monde. De nos jours, le pois chiche est la troisième culture de légumineuse la plus importante au monde après le haricot sec et le pois (Bunyami, 2015).

I/3/2 Caractéristiques morphologiques

- **La fève**

-  **Les racines :**

Selon (Duc, 1997), le système racinaire de *V. Faba* L. est formé par une racine principale pivotante et des racines secondaires portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobium leguminosarum*).

D'après (Chaux et foury, 1994), le système racinaire de la fève peut s'enfoncer jusqu'à 80 cm de profondeur, les nodosités sont abondantes dans les 30 premiers centimètres.

-  **La tige :**

La tige est simple, dressé, creuse, sa hauteur est généralement comprise entre 0,80 à 1,20 m (Chaux et foury, 1994). La tige est pourvue d'un ou plusieurs rameaux à la base et présente un type de croissance indéterminé (Duc, 1997 ; Brink et Blay, 2006).

Les feuilles :

Les feuilles sont alternes, composées-pennées, constituées par deux à quatre paires de folioles ovales, sans vrille, de couleur vert glauque au grisâtre. Les stipules bien visibles en forme dentées (**Chaux et Foury, 1994**).

Les Fleurs :

Les fleurs sont de type papilionacé, de 2 à 3 cm de long, de couleur blanche, marron ou violette et portent sur chaque aile une macule noire ou marron (**Dac, 1997**).

L'inflorescence est en grappe axillaire de 1 à 6 fleurs. Les fleurs sont constituées d'un calice à 5 sépales, d'une corolle blanche à 5 pétales (carène, ailes et étendard), de 10 étamines dont 9 sont soudées et 1 libre. L'ovaire est supère et sessile avec 2 à 4 ovules allant parfois jusqu'à 9. La floraison débute en moyenne au niveau du 7ème noeud et continue jusqu'aux 20 noeuds suivants (**Brink et Blay, 2006**).

Girard (1990) rapporte qu'il n'y a pas d'inflorescence terminale ce qui fait que la floraison est en principe indéfinie.

La reproduction chez la fève peut être selon les lignées autogame ou allogame, mais l'activité de butinage des abeilles sur la fève assure une pollinisation croisée et améliore significativement la production de la plante par rapport à l'autofécondation (**Benachour et al., 2007**).

Les fruits :

Les fruits sont des gousses charnues qui peuvent avoir de 10 à 20 cm de long selon les variétés est contenir un nombre variable de graines (4 à 9). A l'état jeune, les gousses sont de couleur verte puis noircissent à maturité (**Chaux et Foury, 1994**). Les gousses sont pourvues d'un bec et elles sont renflées au niveau des graines (**Brink et Blay, 2006**).

Les graines :

sont charnues, de couleur vert tendre à l'état immature, elles développent, à complète maturité, un tégument épais et coriace de couleur brun rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire ou réniforme (**Chaux et Foury, 1994**).

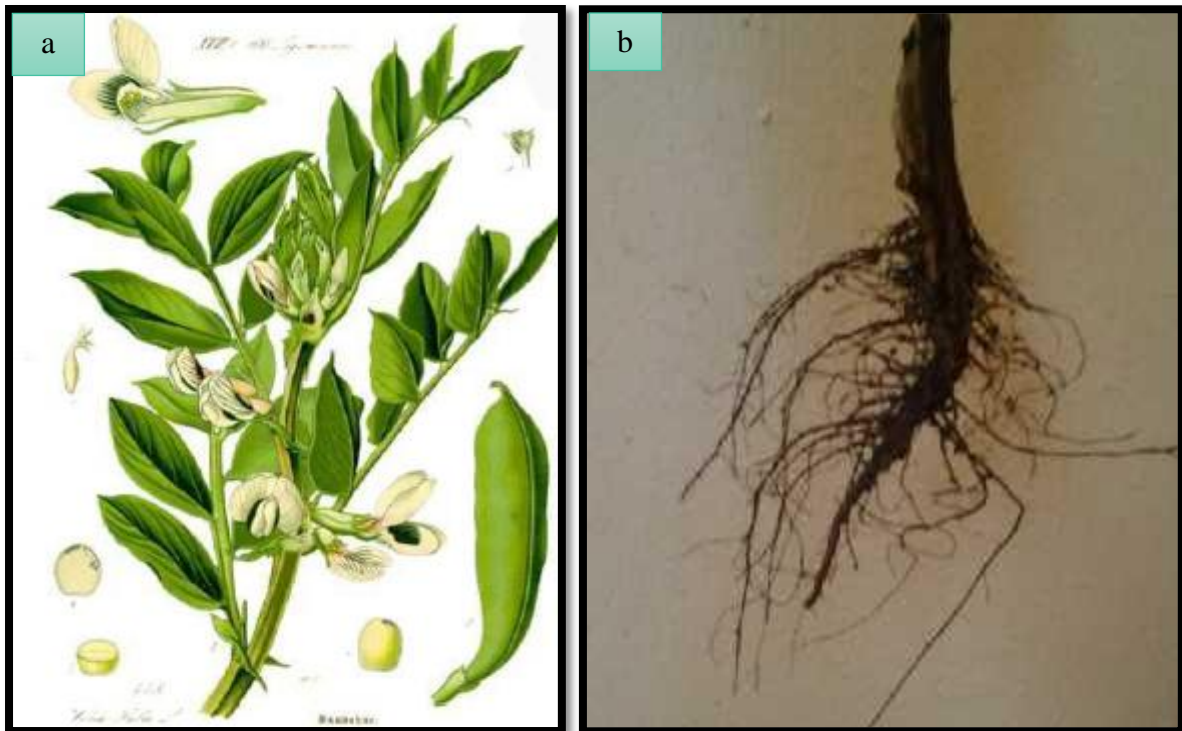


Figure 2: Les différentes parties de la fève *Vicia faba* L.

a : Système caulinaires. **b :** Système racinaires.

- **La lentille**

- ✚ **La tige :**

les lentilles ont des tiges minces et atteignent rarement 45 cm de hauteur et ont une croissance indéfinie (Saskatchewan, 2002 ; Saskatchewan Pulse Growers, 2000).

- ✚ **Les feuilles :**

Les feuilles sont pennées et comportent jusqu'à 10 paires de folioles avec 6 à 10 cm de long et possèdent des vrilles qui s'accroche à tout support.. Elles sont de couleur vert clair.

- ✚ **Les fleurs :**

Les fleurs sont portées par groupe de 2 à 4. Blanches à bleutées, elles ont la forme typique des fleurs à symétrie bilatérale de Papilionacées, à 5 pétales, dont 1 large supérieur appelé étendard.

- ✚ **Le fruit :**

Une gousse possède un court pédicelle et renferme une ou deux petites graines. La couleur du tégument est variable, allant du blanc (absence de tannins) au vert pâle, au gris, au

brun et au noir, et porte souvent des mouchetures violacées de grandeur variable (Vandenberg et Slinkard, 1990).

✚ **Les graines :**

La lentille cultivée est classée en deux groupes selon la taille de la graine

- **Les grosses lentilles (Macrosperma) :** Prédominant principalement en Afrique du Nord, en Europe et en Amérique, (diamètre > 6mm).
- **Les petites lentilles (Microsperma) :** Domine en Asie, en Egypte et en Ethiopie (diamètre < 6mm) (Brink et Belay, 2006).

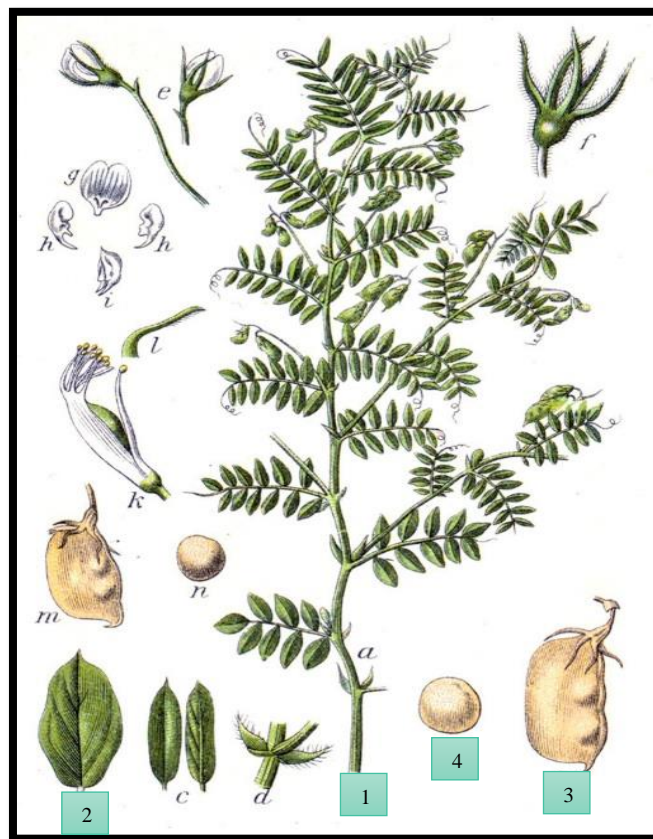


Figure 3 : Morphologie d'une plante de lentille *Lens culinaris* : (1) Plante, (2) Feuilles, (3) Gousse, (4) Graine.

• **Le pois chiche**

- ✚ **Les racines :** le système racinaire est pivotant, bien développé pourra atteindre jusqu'à plus d'un mètre de profondeur (Allali et al., 2007).

✚ **La tige**

D'une hauteur de 20 cm à 1 m, la tige principale portent généralement deux branches primaires ainsi que sur les deux ramifications primaires apparaissent des ramifications secondaires (Allali et al., 2007).

✚ **Les feuilles :**

Les feuilles sont alternes, imparipennées, chaque feuille compte 10 à 15 folioles ovales, dentées et recouvertes de poils. (Allali et al., 2007) .

✚ **Les fleurs :**

Les fleurs sont habituellement solitaires à l'aisselle des feuilles, bisexuées, blanches, verdâtre, rose ou violacées, disposées en grappe caractérisées par leur aspect de papillons. (Bejiga et Van Der Maesen , 2007).

✚ **Le fruit :**

Le fruit, est une gousse velue, globuleuses contenant une ou deux graines (Bejiga et Van Der Maesen , 2007).



Figure 4 : Morphologie du pois chiche *Cicer arietinum*

I/3/3 Cycle biologique

La fève, la lentille et le pois chiche sont des légumineuses annuelle, leurs cycle complet de la graine à la graine est environ 3 à 5 mois (**Brink et Blay,2006**) (Cette période peut varier en fonction des conditions climatiques, de la qualité du sol et des arrosages) , il y a 5 stades (**Figure 5, Tableau 2**):

La germination : début de développement d'une graine , se termine quand la radicule perce l'enveloppe du grain.

La croissance : marquée par l'apparition de la tige,les feuilles et le développement des racines .

La floraison : La floraison correspond au développement des boutons floraux, bourgeons particuliers qui donnent naissance aux fleurs.

La fructification : concerne la formation du fruit (la gousse) ou bien la transformation des fleurs en gousses (**Kechache, 2005**).

La maturité et sénescence : est définit comme une dégradation progressive de la plante, caractérisé par la chute des feuilles ; nécrose de l'extrémité de la gousse et le brunissement .

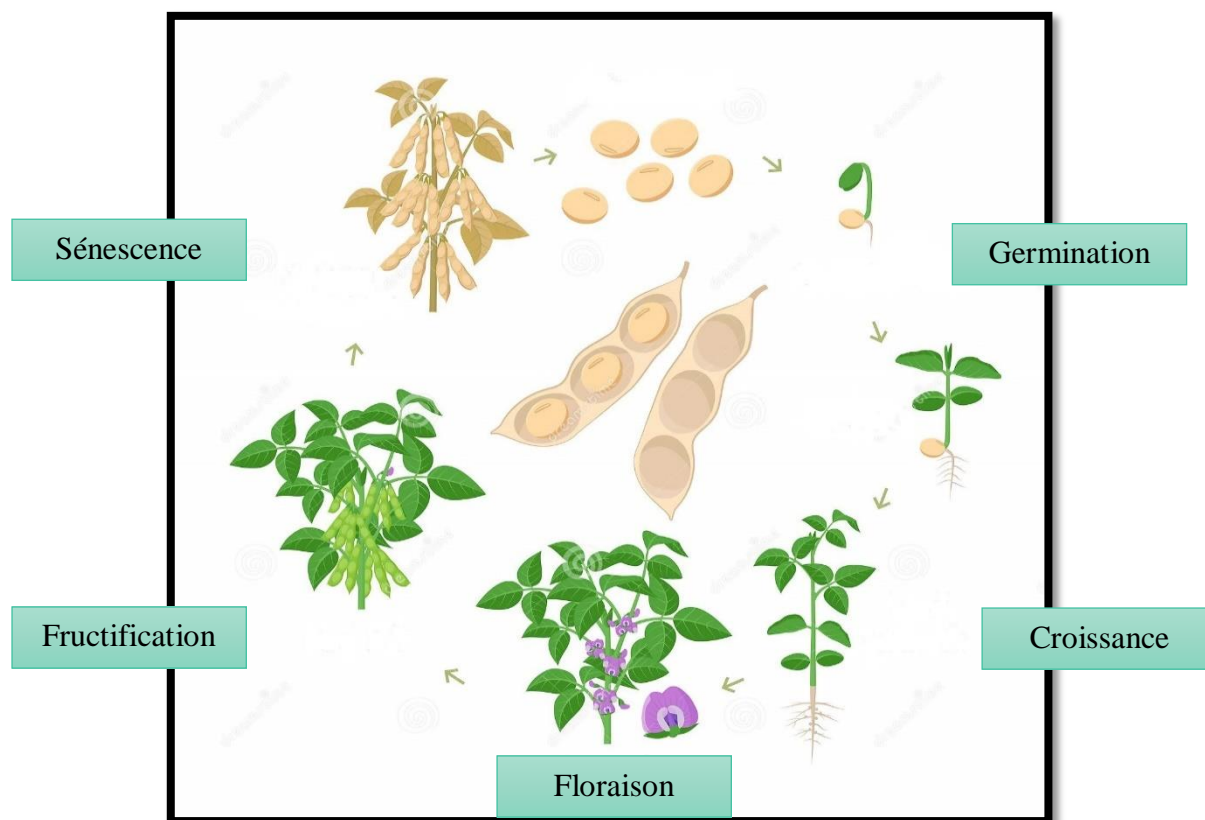


Figure 5 : Cycle de vie d'une plante légumineuse

Tableau 2 : Dates de semi et récolte des espèces étudiées

Plantes	Semi	Récolte
<i>Vicia faba</i> L	Mars / Avril Fin novembre	Juin ou Juillet
<i>Lens culinaris</i> Medik	Mars ou Avril Fin novembre	Août ou Septembre
<i>Cicer arietinum</i> L	Février ou Avril	Juillet ou Septembre

I/3/4 Classification botanique et génétique

I/3/4/1 Classification botanique

La position systématique des espèces est décrite dans le tableau suivant :

Tableau 3 : la classification botanique de la fève, lentille et pois chiche

Classification de la fève selon Dajoz (2000)	Classification de la lentille selon Cokkizgina(2013)	Classification de pois chiche selon Gaid (2015)
Règne :Plantae	Règne :Plantae	Règne :Plantae
/	Sous-règne :Tracheobionta (plantes vasculaires)	Sous règne : Tracheobionta (plantes vasculaires)
Embranchement : Spermatophyta (plantes à graines)	Embranchement: Magnoliophyta	Embranchement : Spermatophyta (plantes à graines)
Sous-Embranchement : Magnoliophyta =Angiospermes	/	Sous-Embranchement : Magnoliophyta =Angiospermes
Classe : Magnoliopsida =Dicotylédone	Classe : Magnoliopsida =Dicotylédone	Classe : Magnoliopsida =Dicotylédones

/	Sous –classe : Rodidae	Sous Classe : Rosidae
Ordre : Fabales	Ordre : Fabales	Ordres : Fabales
Famille : Fabaceae	Famille : Fabaceae	Famille : Fabaceae
Genre : <i>Vicia</i>	Genre : <i>Lens</i>	Genre : <i>Cicer.</i>
Espèce : <i>Vicia faba</i> L	Espèce : <i>Lens culinaris</i> Medik	Espèce : <i>Cicer arietinum</i> L

I/3/4/2 Classification génétique

- **La fève (*Vicia faba* L)**

Une espèce dont son ancêtre est inconnu au cours des 50 dernières années (l'ancêtre sauvage n'a pas pu être identifié) (Zohary et al., 2012), de nombreux types morphologiques classés en différentes sous-espèces ou variétés, appelées « fèves » et « féveroles ». Les caryotypes des variétés constituent chacun, un génome qui regroupe 6 ou 7 paires chromosomiques. Donc c'est une espèce diploïde, dont le nombre de base est différent ($x = 6$ et $x = 7$) ($2n = 12$ ou $2n = 14$).

Cette variation est –elle due à une aneuploïdie ou une dysploïdie ?? (la dysploïdie représente un changement du nombre chromosomique de base, ce changement peut se produire soit dans le sens d'une augmentation (dysploïdie ascendante), soit d'une diminution du nombre de base (dysploïdie descendante) a cause d'une translocation intra- et inter-chromosomique, délétion ...). Cette hypothèse serait confirmée par l'application des techniques plus approfondies (marquage par des bandes et moléculaires). (Bentama et Boursas, 2016).

Aucune indication concernant le niveau de ploïdie de l'espèce *Vicia faba* L n'est signalé par les auteurs.

- **La lentille (*Lens culinaris* Medik)**

L'ancêtre du *L. culinaris* est le *L. orientalis* (C'est la seule espèce à partager l'essentiel du patrimoine génétique du *L. Culinaris*) (Ladizinsky et al., 1984) Toutes les espèces et variétés du genre *Lens* cultivé sont des plantes herbacées annuelles diploïdes de $2n = 2x = 14$ (Zohary et al., 2012).

- **Le pois chiche (*Cicer arietinum* L)**

le pois chiches cultivé provenant de formes sauvages du genre *Cicer*, probablement *Cicer reticulatum* et *Cicer echinospermum* . Ces deux espèces ne diffèrent pas beaucoup de l'espèce cultivé *Cicer arietinum* L, et ont en communs avec elle des caractères morphologiques . Toute les variétés cultivées sont annuelles et diploïdes de $2n = 2x = 16$ (Zohary et al., 2012).

I/3/5 Liste des sous espèces et variétés

- **La fève**

Vicia est un genre de plantes qui comprend environ 200 espèces (The plant list, 2013). C'est le genre des vesces, de la fève et de la féverole . D'après Nuessly et al.,(2004), Sa classification se fonde sur la taille des graines et des gousses.

La fève est subdivisé selon la taille des graines en 3 sous-espèces qui sont (Figure 6 et 7) :

- ❖ Sous-espèce *Vicia faba major* la fève maraîchère à grosses graines destinées à la consommation humaine.
- ❖ Sous-espèce *Vicia faba equina* la petite fève ou féverole utilisée pour l'alimentation du bétail.
- ❖ Sous-espèce *Vicia faba minor* la fève cheval à grains moyens aussi appelée féverole au fêvette dans certaines régions .comme son nom l'indique elle est également destinée à l'alimentation du bétail.

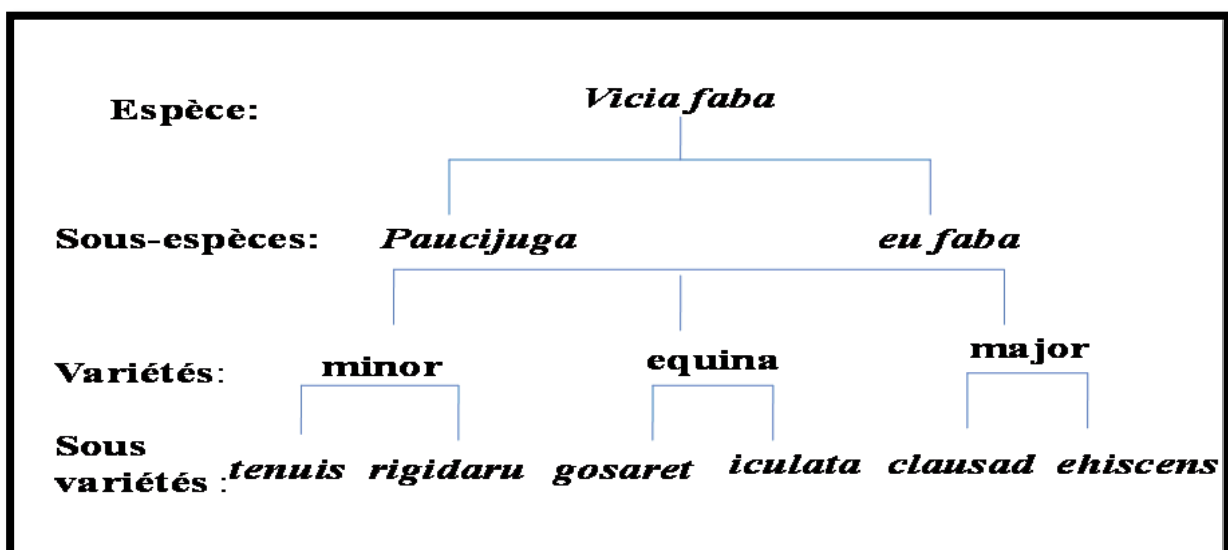


Figure 6 : Classification de *vicia faba* L (Guen et Duc .1996)

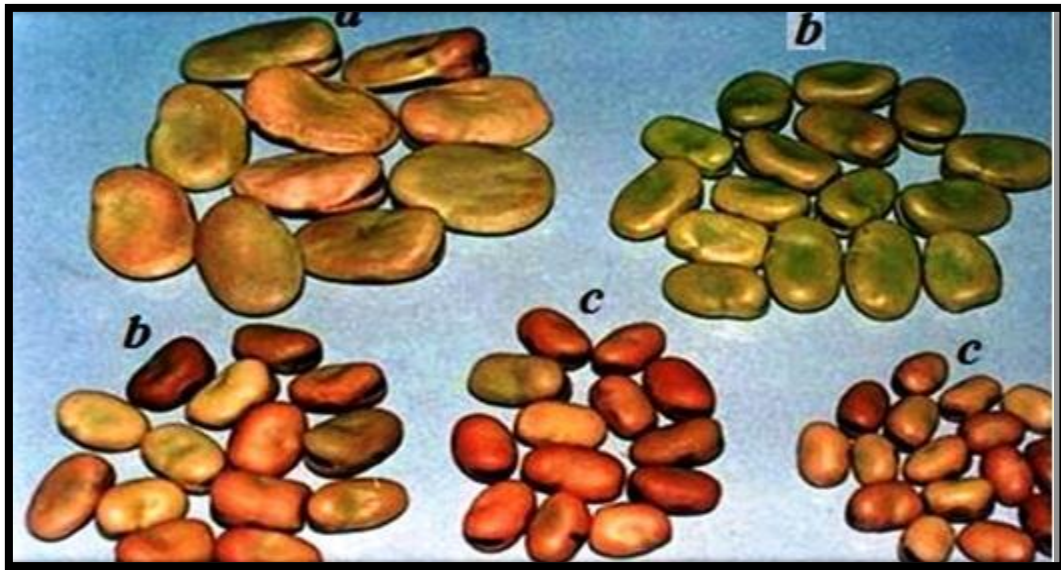


Figure 7 : (a) Graines de *Vicia faba major*, (b) Graines de *Vicia faba minor* et (c) Graines de *Vicia faba equina*.

- **La lentille :**

Lors d'une révision récente du genre *Lens*, 48 espèces ont été reconnues (**The plant list, 2013**).

Selon **Brink et Belay (2006)** *Lens culinaris* subdivisée en 4 sous-espèce :

- ❖ Sous-espèce *culinaris* (la lentille cultivée).
- ❖ Sous-espèce *odemensis*.
- ❖ Sous-espèce *orientali* .
- ❖ Sous-espèce *tomentosus* .

Plusieurs variétés caractérisé par des couleurs différente (**Figure 8**):

- ❖ la lentille brune, celle que l'on trouve surtout en conserve.
- ❖ la lentille rouge (jaune ou orange), utilisée dans la cuisine asiatique.
- ❖ la lentille verte de variété ANICIA, la plus cultivée en France .
- ❖ la lentille corail ou rose, qui est rouge mais toujours vendue décortiquée.
- ❖ la lentille blonde, comme la Lentille blonde de Saint-Flour, de variété FLORA.
- ❖ la lentille noire ou « beluga ».



Figure 8 : Différents variétés de lentille

- **Le pois chiche**

Cicer est un genre de plantes qui comprend environ 107 espèces (**The plant list, 2013**). Selon **Brink et Belay (2006)** *Cicer reticulatum* est considérée comme une sous- espèce de *Cicer arietinum* .Chez le pois chiche cultivé, on distingue couramment 2 groupes principaux : (**Figure 9**)

- ❖ le type Kabuli (macrosperma) à grosses graines de couleur crème, cultivés en Méditerranée.
- ❖ le type Desi (microsperma) à petites graines de couleur sombre, lisses ou ridées. cultivés surtout en Asie méridionale et en Ethiopie .

Les cultivars du type Kabuli cuisent plus vite et sont plus pauvres en fibres alimentaires que ceux du type Desi. La couleur des graines est une caractéristique importante du pois chiche car elle détermine sa qualité et son acceptation dans de nombreux pays. Ce sont les pois chiches bruns du type Desi qui sont les plus prisés en Afrique de l'Est (**Brink et Belay ,2006**).

Quelques auteurs ajoutent un troisième type qui est le type **Gulabi** qui se caractérise par des graines lisses, de couleur claire, ressemblant au pois (**Braun et al., 1988**).



Figure 9 : les 2 groupes principaux de pois chiche kabuli et desi

I/3/6 Différents intérêts

❖ Intérêt alimentaire :

Les légumineuses considérées dans les pays occidentaux comme l'aliment du pauvre, les graines de légumineuses, en raison de leur richesse en nutriments jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation des populations des pays à faible revenu, pour lesquels la malnutrition protéino-énergétique est un problème majeur.

Les légumineuses à graines (fève, lentille et pois chiche) sont utilisées pour la consommation humaine ou animale (Goyoaga et al., 2011) et sont une excellente source de fibres, de glucides complexes, de vitamines et de minéraux (en particulier le fer, le zinc, le calcium, le potassium, le phosphore, le magnésium, le cuivre, etc) et elles ont une teneur en protéine très élevée (Tableau 4).

Tableau 4 : Composition nutritionnelle de fève, lentille et pois chiche selon Rémond et Walrand (2017)

pour 100 g (cuit)	Energie kcal	Protéines g	Lipides g	Glucides g	Fibres g	Fer mg	Zinc Mg	Calcium mg
Fève	110	7.6	0.4	19.7	5.4	1.50	1.01	36
Lenille	116	9.0	0.4	20.1	7.9	3.33	1.27	19
Pois chiche	164	8.9	2.6	27.4	7.6	2.89	1.53	49

❖ Intérêt économique :

En Algérie les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont : la lentille (*Lens culinaris* Medik), le pois chiche (*Cicer arietinum* L), le pois (*Pisums ativum* L), la fève (*Vicia faba* L) et le haricot (*Phasiolus vulgaris* L) (Bouzerzour et al., 2003).

En 2016 l'Algérie a atteint une production de 469000 qx pour la fève, 293000 qx pour le pois chiche et 191000 qx pour la lentille (Figure 10).

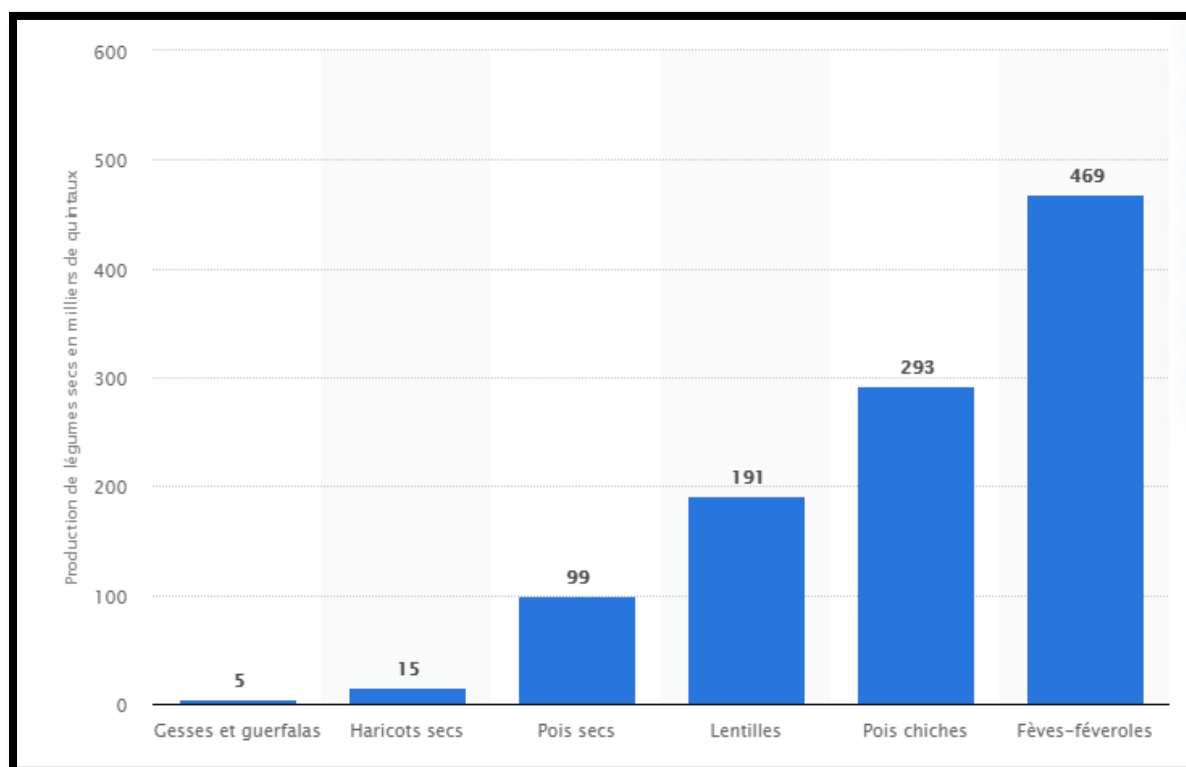


Figure 10 : Évolution de la production de légumes secs en Algérie entre 2016 et 2017 selon [statista.com](https://www.statista.com)

Malgré ces nombres énormes, ça reste encore insuffisant pour les besoins du pays et de ce fait là l'Etat souhaite développer la production afin de mieux satisfaire les besoins, de réduire les importations et de limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger (Kafia Ait Allouache,2018).

Dans ce sillage, le ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche, a élaboré un programme s'étalant de 2016 à 2021 et destiné à augmenter la superficie des légumineuses de 85.000 à 218.000 hectares au niveau national. Ce programme vise une production couvrant les besoins nationaux à 100 % à travers l'amélioration de la productivité

et le renforcement du programme de production de semences et du parcours technique. Ce projet permettra d'économiser plus de 150 millions de dollars d'importations/an.

Selon le ministère les quantités importées ont atteint 2 millions de quintaux dont 1,4 million quintaux de lentilles et de pois chiches et fève. Pour répondre aux besoins, on devrait produire presque 2 millions quintaux de ces légumineuses et la superficie devra passer de 30.000 ha à 170.000 ha (La superficie actuelle affectée aux légumineuses permet de produire environ 1 million de quintaux toutes espèces confondues (fèves, pois, haricots, pois chiches et lentilles), soit 35% des besoins du pays) (Kafia Ait Allouache,2018).

I/3/7 Les principales maladies affectant les espèces étudiées

Les légumineuses sont exposées à de nombreuses maladies qui constituent des obstacles majeurs à leur amélioration, leur développement et une production stable. Parmi ces maladies (Figure 11) :

Anthraxnose : C'est une maladie cryptogamique causée par *Ascochyta fabae* (fève), *Ascochyta rabiei* (pois chiche) et *Ascochyta lentis* (lentille). Elle se manifeste par des taches rondes brune , se développent sur les feuilles, les tiges et les gousses , et peuvent se développer jusqu'à ce que des parties de la plante entièrement noircies et meurent .

Rouille : Cette maladie cryptogamique, causée par *Uromyces fabae* (féve et lentille) et *Uromyces ciceri arietinum* (pois chiche), se manifeste par des tâches brunes à rougeâtres sur les feuilles ,causant un dessèchement et la chute des feuilles.

Mildiou : Maladie cryptogamique causée par *Peronospora viciae* (fève), *Peronospora lentis* (lentille) et *Leveillula taurica* (pois chiche) , provoque un jaunissement des plantes liée à la présence d'un feutrage blanc-gris sur les feuilles , le mildiou entraine le nanisme et la déformation de la tige et des feuilles.

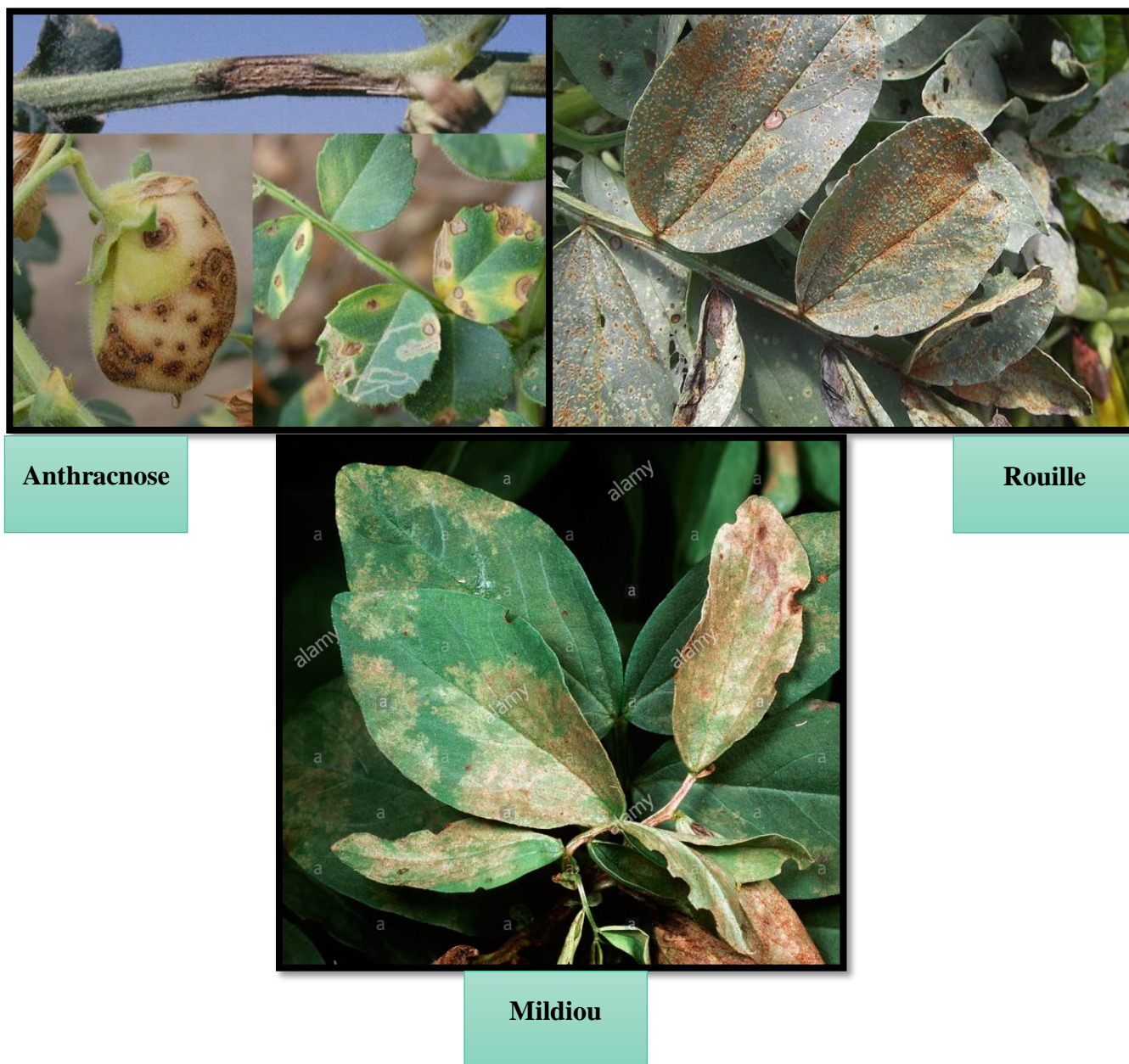


Figure 11 : Maladies affectant les légumineuses

I/3/8 Les exigences de culture de chaque espèces

- La fève

- Le sol :

la fève ne présente pas d'exigence spécifique au regard de la nature des sols. Cependant, la préférence est donnée au sol sablo-argileux humifié (Peron, 2006), et un pH neutre à légèrement alcalin (7-8,3).

➤ **L'eau :**

L'espèce est très exigeante en humidité du sol surtout pendant les périodes initiales de son développement.

➤ **La température :**

La fève supporte les faibles gelées ne dépassant pas -3°C . Les températures supérieures à 23°C sont néfastes pour la fève, elles provoquent la chute des fleurs, stimulent le développement de maladies virale et fongique et rend la plante susceptible à l'attaque des insectes ravageurs (**Chaux et Foury, 1994**), une température moyenne aux alentours de 13°C est optimale pour la croissance de la fève (**Zerihun, 2006**).

➤ **La lumière :**

D'après **Laumonier (1979)**, la fève se comporte comme une plante de jour long qui se traduit par une exigence importante en luminosité.

• **La lentille**

➤ **Le sol :**

La culture est adaptée à de nombreux types de sol et n'a pas besoin d'un sol profond. Les sols argilo-sableux ou argilo-limoneux, à pH 7 sont les plus conseillés pour valoriser au mieux son potentiel (**Babaheddi, 2016**).

➤ **L'eau :**

Moyennement exigeante en eau, tolère modérément la sécheresse. Le recours à l'irrigation est assez rare.

➤ **La température :**

La lentille pousse à des températures moyennes de 6 à 27°C et un gel intense ou prolongé et des températures bien supérieures à 27°C affectent énormément sa croissance.

➤ **La lumière :**

La lentille apprécie les expositions ensoleillées.

- **Le pois chiche**

- **Le sol :**

Le pois chiche semble préférer les sols meubles, profonds, plus ou moins argileux avec une bonne capacité de rétention, dont le pH est neutre ou alcalin variant de 7,3 à 8,2 (**Berger et al., 2003**).

- **L'eau :**

Moyennement exigeante en eau, tolère modérément la sécheresse grâce à son système racinaire profond.

- **La température :**

Une température ambiante, variant de 20 à 30 °C assure un bon développement végétatif du pois chiche.

- **La lumière :**

Le pois chiche est une plante de jour long, mais fleuri dans toutes les photopériodes.

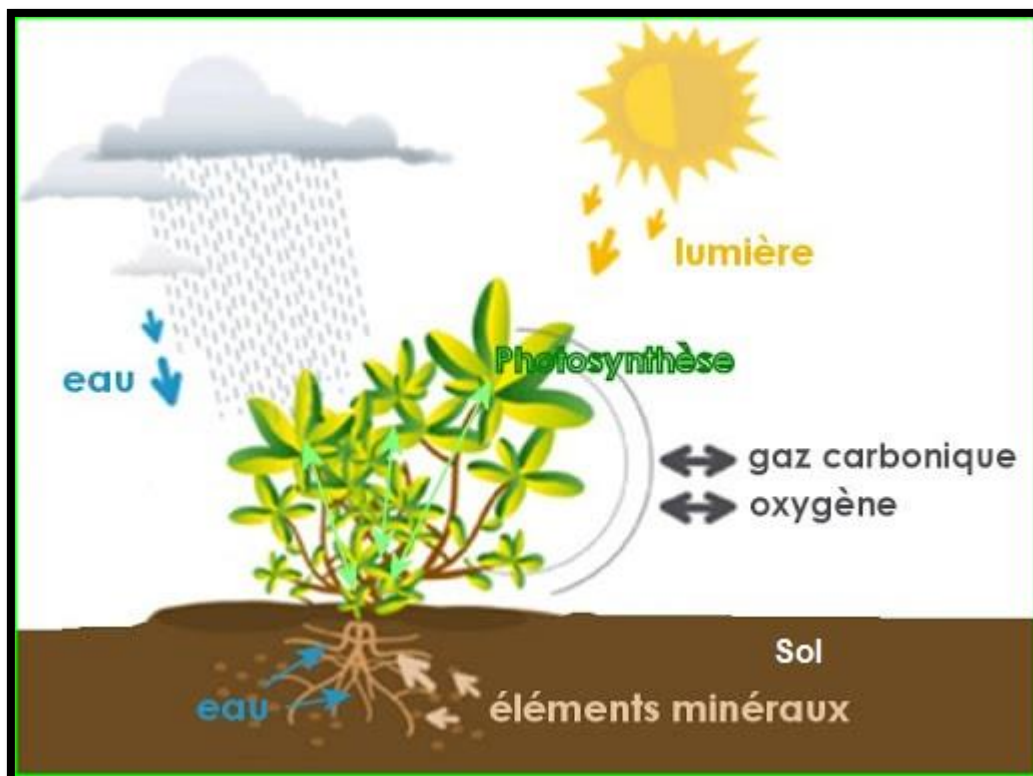


Figure 12 : Schéma représentatif d'exigence des cultures des plantes

I/4 Notions cytogénétiques

I/4/1 Génome

Le génome est défini comme un lot haploïde de chromosomes issu d'une espèce diploïde (l'ensemble du matériel génétique d'une espèce) .

I/4/2 Le Caryotype

Le caryotype est une représentation systématisée des chromosomes d'une cellule mitotique (ou méiotique), tenant compte du nombre, de la forme, de la taille et de tous autres caractères morphologiques des chromosomes qui peuvent être représentatifs des génomes d'un type cellulaire, d'un individu ou d'une espèce (**Thugues,1966**). Il est constitué d'un caryogramme (une représentation photographique des chromosomes disposés par paires) et d'un idiogramme (une représentation schématique des chromosomes) .

Il existe deux types de caryotype : symétrique et asymétrique.

Les paramètres interviennent dans la description de la morphologie des chromosomes: la taille, la position du centromère, la présence de satellites et les constriction secondaires. D'autres caractères sont également utilisés pour l'étude des caryotypes; la longueur totale des chromosomes (LT) , la longueur relative des chromosomes (LR), l'asymétrie du caryotype mesurée par l'indice d'asymétrie (IAs %) et le rapport (R) de la plus longue paire de chromosomes sur la paire de chromosomes la plus courte.

Différentes méthodes ont été employées pour localiser le centromère, ce qui a engendré l'apparition de diverses nomenclatures de morphologie chromosomique, cependant la nomenclature du caryotype la plus consensuelle est celle de **Levan et al (1964) (Tableau 5)**.

Tableau 5 : Nomenclature chromosomique proposée par **Levan et al (1964)**

Position de centromère	$D = BL - BC$	$R = BL / BC$	$I.C = BC / LT \times 100$	Type chromosomique
Position médiane	0.00	1.00	50.00	Métacentrique Stricto
Région médiane	0.00-2.50	1.0-1.70	50.00-37.50	Métacentrique sensu largo
Région submédiane	2.50-5.00	1.70-3.00	37.50-25.00	Submétacentrique
Région subterminale	5.00-7.50	3.00-7.00	25.00-12.50	Subtélolocentrique
Région terminale	7.50-10.00	7.00-12.5	12.5-0.00	Acrocentrique
Point terminale	10.00		0.00	Télolocentrique

$D = BL - BC$ (la différence entre les longueurs des bras longs BL et des bras courts BC)

$R = BL / BC$ (rapport des longueurs des bras)

$I.C = BC / LT \times 100$ (IC l'indice centromérique) (LT longueur total du chromosome)

1/4/3 L'asymétrie

Lewisky (1931) est le premier à avoir utilisé la notion d'asymétrie dans la description du caryotype. **Stebbin (1957)** adopte et développe le même concept sur un grand nombre d'espèces. Il propose une classification des caryotypes suivant leur degré d'asymétrie en se basant surtout sur le rapport des longueurs (BL/BC) . Un caryotype symétrique présente des chromosomes approximativement de la même taille et de type méta ou submétacentrique, ce qui lui donne un aspect homogène. Un caryotype asymétrique possède des chromosomes de tailles différentes et de type subtélolocentrique, télolocentrique ou acrocentrique (**Siljak–Yakovlev, 1986**). L'asymétrie est considérée comme un paramètre indicatif de l'évolution de l'espèce.

1/4/4 La constriction secondaire

Les constriction secondaires sont des caractéristiques morphologiques constantes dans leurs positions et leur étendue , située aux extrémités des bras de chromosome. Elles sont utiles

pour l'identification des chromosomes marqueurs portant les zones riches en gènes ribosomiques dans une garniture (2n).

I/4/5 Les satellites

Le satellite du chromosome est un segment chromosomique séparé de la partie principale du chromosome par la construction nucléolaire secondaire. L'ensemble du satellite et de la construction nucléolaire secondaire est appelé la région satellite (**Jones, 2008**). L'existence de l'ADN satellifère est considérée comme marqueur génétique qui peut jouer un rôle dans l'appariement chromosomique au cours de la méiose et protéger les gènes terminaux contre les processus de gains et de pertes chromosomiques ou mutations structurales (**Handerson et Kipling, 1995 ; Jones, 2008**).

Selon Richard et al, (2008) L'ADN satellite se présente sous la forme de séquences d'ADN pouvant atteindre plusieurs millions de paires de bases est constitué d'un grand nombre de répétitions d'une séquence appelée unité de répétition . La longueur de l'unité de répétition est variable d'un type d'ADN satellite à l'autre, de 5 paires de bases pour les satellites humains à 755 paires de bases pour les satellites trouvés dans les génomes des plantes.

I/4/6 Le chromosome B

Les chromosomes surnuméraires ou les chromosomes B sont des extras éléments, qui donnent lieu a un polymorphisme numérique des chromosomes dans des centaines des espèces végétales et animales (**Jones et Rees, 1982 ; Burt et Trivers 2006**).

Les chromosomes B ont été décrits pour la première fois par Pantulu en 1960 dans une variété du Mil cultivée au Soudan. 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 zero 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**). une théorie actuelle montre que les chromosomes B proviennent des chromosomes (A) et sont maintenus comme éléments parasites (**Burt et Trivers, 2006**).

les chromosomes B sont caractérisés par :

- ❖ Leurs indispensabilités à l'espèce qu'elle les possède.
- ❖ La variance entre les cellules, tissus, individus et populations.
- ❖ les populations de *Myrmeleotettix maculatus*, présentent plusieurs chromosomes B dans les régions sèches et chaudes, tandis que dans les climats plus humides et plus froids ces chromosomes ne sont présents qu'en nombre réduit, ou même absents.
- ❖ L'augmentation le taux de crossing-over et les fréquences de recombinaison.
- ❖ l'augmentation des chromosomes impairs .
- ❖ Jouent un rôle important dans l'adaptation du végétal aux conditions défavorables (Hammouda et Khalfallah,2015 ; Hammouda et al. 2017).

I/5 Quelques travaux réalisés sur les légumineuses alimentaires

- **Le genre *Vicia***

Des études menées en Asie, en Amérique et dans certaines parties de l'Europe (Ampomah et Huss-Danell 2016) confirment que le genre *Vicia* constitue le plus grand apport de l'azote dans l'écosystème terrestre et a donc une grande importance agricole et écologique (comme un pont vert pour nettoyer les environnements pollués), car le N est souvent un nutriment limitant pour la croissance durable des plantes dans de nombreux écosystèmes (Ampomah et Huss-Danell 2016). L'interaction symbiotique a lieu entre *Vicia* spp et les bactéries du sol appelées collectivement *Rhizobium leguminosarum.viciae* (Rlv) a été reconnu comme le symbiote le plus commun de *Vicia* spp.

Les premières recherches sur ces plantes datent de la première moitié du XIXe siècle, alors qu'elles visaient à étudier les aspects physiologiques et morphologiques de l'espèce, en particulier de *Vicia faba*. Ils sont notamment devenus un important couvert végétal avec des caractéristiques pour l'agriculture biologique. En revanche, des études sur leur capacité à faire face aux polluants environnementaux ont commencé à apparaître au début du XXIe siècle (Radwan et al.,2005; Srivastava et al.,2005). À ce moment, leur tolérance aux différents contaminants a été évaluée, ainsi que les changements physicochimiques et biochimiques qui se sont produits comme réponse adaptative à ces contaminants.

D'autres travaux réalisées par Wiesmeier et al (2015) et Trenton et al (2018), Le couvert végétal des légumineuses telles que les espèces de *Vicia* peuvent fixer l'azote atmosphérique sous la forme disponible pour les plantes, l'ammonium. À la fin , le résidu se

décompose et libère l'azote disponible pour la culture de rente suivante. Une stratégie intéressante est donc l'utilisation du couvert végétal, en particulier de légumineuses comme engrais vert. Les engrais verts actuellement utilisés dans l'agriculture améliorent donc non seulement les propriétés du sol, mais peuvent également réduire considérablement la quantité d'engrais inorganiques nécessaires à la culture de rente suivante.

L'une des couverts végétaux les plus prometteuses est *V. villosa* (vesce velue), qui est largement utilisée dans les environnements tempérés semi-arides (**Renzi et al., 2014; Renzi et al., 2016**). Il forme un couvert avec de multiples avantages pour l'agriculture durable: il facilite la fixation biologique de l'azote atmosphérique, favorise le contrôle des mauvaises herbes et améliore l'équilibre du carbone. De plus, il améliore l'état structurel du sol, augmente sa capacité de rétention d'eau et empêche son érosion (**Lardone et al., 2013; Renzi et al., 2014**). Ce dernier phénomène est l'une des plus grandes préoccupations affectant la productivité agricole et l'environnement (**Baldwin et Creamer 2006**), car il réduit la couche arable (**Trenton et al., 2018**). La couverture fournie par *V. villosa* peut partiellement l'empêcher en protégeant le sol pendant la saison des pluies. Un autre avantage important de cette culture offre son potentiel naturel élevé de réensemencement, un trait agronomique souhaitable qui pourrait réduire les coûts de production (**Renzi et al., 2014**).

Des études récentes (**Sabrina Ibañez et al., 2019**) montrent que les espèces *Vicia faba* et *Vicia sativa* sont des espèces les plus fréquemment utilisées dans les mécanismes de phyto-rémediation. La phyto-rémediation veut dire l'utilisation de plantes pour nettoyer les zones du sol contaminées par des métaux lourds qui ne sont pas naturellement biodégradables, contrairement aux polluants organiques, de ce fait là ils ne seront pas transmis aux plantes comestibles. Il a été démontré que les espèces de *Vicia* accumulent des métaux dans leurs racines. Par exemple, l'arsenic (As), le cadmium (Cd) et le césium (Cs) étaient principalement accumulés dans les racines de *V. faba*, tandis qu'une accumulation a également été observée dans les racines de *V. villosa* traitées avec As (**Austruy et al., 2013; Sadee et al., 2016; Ibañez et al., 2018 ; Fu, 2016**). Des résultats similaires ont été obtenus par **Sierra et al (2008)**, qui ont démontré que la concentration de mercure (Hg) dans les racines des plantes de *V. sativa* était toujours significativement plus élevée que dans d'autres tissus végétaux. À l'inverse, le plomb (Pb), le zinc (Zn) et le Cd étaient principalement accumulés dans les parties aériennes des plantes de *V. faba* et *V. sativa* (**Shahid et al., 2014 et Bogatu et al., 2007**) (**Figure 13**).

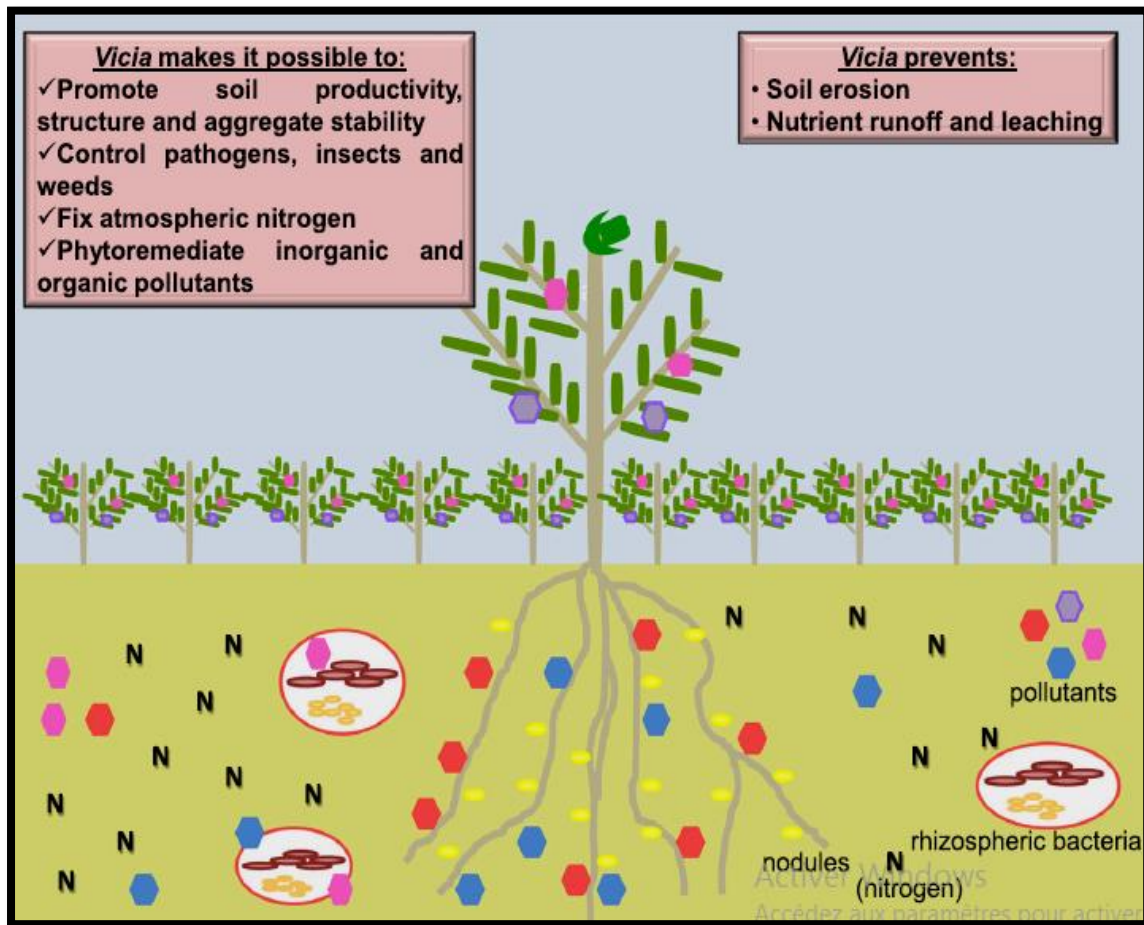


Figure 13 : Schéma des principaux avantages agronomiques et capacités de phyto-remédiation de *Vicia* spp. (Sabrina Ibañez et al., 2019)

- **Le genre *Lens***

Une analyse comparative structurale réalisée par **Hammadi et al., (2018)** sur la distribution de l'hétérochromatine constitutive (séquences d'ADN hautement répétées riches en bases CG) dans dix génotypes de lentilles cultivées (*Lens culinaris* Medik) ($2n = 2x = 14$) dévoilée par marquage technique "C-banding" (**Figure 14**).

L'analyse comparative intra et inter-génotypique du génome des lentilles cultivées a montré que les génotypes sont subdivisés en trois groupes, selon la caractérisation et la distribution des bandes C (nombre, intensité et emplacement des bandes): les génotypes (Dahra, Nil45, Idlep2, Idlep3 et Balkan755) révèlent un marquage important et différent (surcharge en hétérochromatine). Les génotypes (Syria229, Metropole et Flip 90-31) sont modérément riches en hétérochromatine, tandis que les génotypes (Idlep1 et Redjas) sont pauvres. Toutes ces variations indiquent la présence d'un polymorphisme intra et inter génotype avec un

pourcentage égal à 59,1%. A noter également, que les résultats obtenus confirment l'existence d'une relation entre la surcharge en hétérochromatine et l'adaptation de la plante aux conditions défavorables de l'environnement (présence du chromosome B). L'avantage des génotypes du groupe 1 est le fait qu'ils sont bien adaptés aux conditions environnementales défavorables et ont un bon potentiel de production. En sélection, il est préférable de les utiliser comme géniteurs (notamment Dahra) dans les croisements.

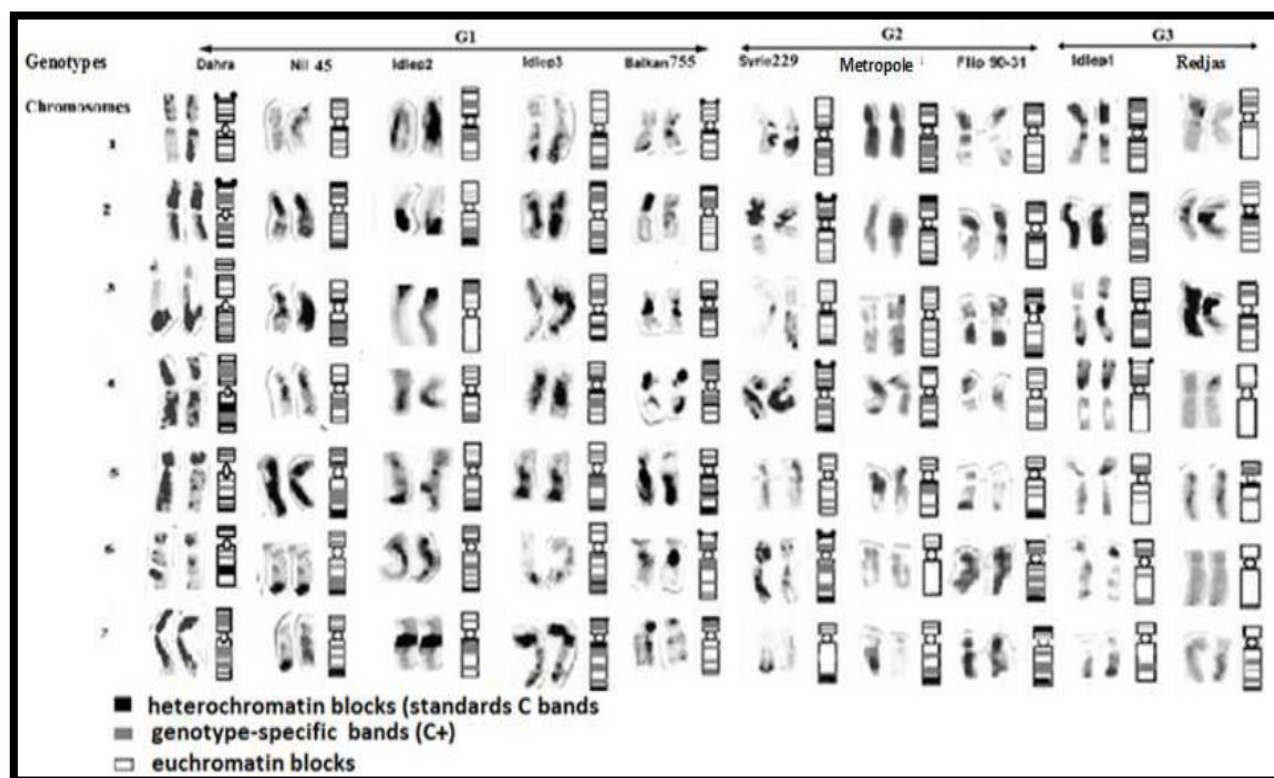


Figure 14 : Caryotypes marqués par des bandes C de génotypes de *Lens culinaris*. Trois groupes sont déterminés: G1 (Dahra, Nil 45, Idlep2, Idlep3, Balkan 755), G2 (Syrie 229, Metropole, Flip 90-31), G3 (Idlep1, Redjas) (**Hammadi et al.,2018**)

- **Le genre *Cicer***

Une étude réalisée par **Ghalloum et Merabti (2016)** concernant l'effet de la salinité sur la germination et la croissance chez le pois chiche : Cette étude a pour objet de comparer le degré de tolérance à la salinité chez quatre variétés de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) : Ghab5, Ilc32/79, Flip90/13C, Flip85/17C traitées par des concentrations croissantes de NaCl (C0 :[0] mM, C1 :[50] mM, C2 :[75] mM, C3 :[100] mM, C4 :[150] mM, C5 :[200] mM) pendant les deux stades de germination et croissance. Deux essais ont été effectués :

Chapitre I : Revue bibliographique

- Essai de germination des graines dans les boites de pétri pour déterminer l'effet de la salinité sur le pouvoir germinatif, la longueur de la radicule et la longueur de la tigelle des variétés étudiées.
- Essai de croissance et de développement des plantules dans les plaques de culture pour mettre en évidence l'effet nocif du sel sur certains paramètres morphologiques tel que la hauteur des plantes, la longueur de la racine principale, le poids frais et sec des parties aériennes et souterraines.

Les résultats obtenus montrent que la majorité des paramètres étudiés diminuent au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente. D'autre part, cette étude a révélée que les variétés Ghab5 et Ilc32/79 ont montré une sensibilité au stress salin par rapport aux deux autres variétés, notamment aux fortes concentrations de NaCl d'où nous avons noté une diminution importante pour certains paramètres comparativement aux témoins comme la longueur de la radicule, la longueur de la tigelle et le poids frais et sec de la partie aérienne, tandis que la variété Flip90/13C semble être la plus tolérante à la salinité, ceci a été bien signalé par les résultats de certains tests effectués (pourcentage de germination, la longueur de la racine principale et le poids frais et sec des parties aériennes).



Chapitre II :
Matériel et méthodes



II/1 Matériel végétal

L'étude porte sur un matériel végétal des 9 géotypes (variétés / lignées) (**Figure 15**) appartenant à trois espèces différentes :

-*Vicia faba* L ($2x=2n=12;2x=2n=14$).

-*Lens culinaris* Medik ($2n= 2x= 14$).

-*Cicer arietinum* L ($2n= 2x= 16$).

Choisies en raison de leurs utilisations au laboratoire comme plante modèle (nombre restreint des chromosome) pour des études cytogénétiques. Ces géotypes sont fournies par l'institut technique de grandes cultures (I.T.G.C) d'Elkhroub et (I.T.G.C)de Sétif ou bien le coopératives de céréales et légumes secs (C.C.L.S) AIN mlila.

Les caractéristiques de chaque variété et son origine sont décrites dans le **tableau 6** (**Bentama et Boursas, 2016 ; Fareh et Aidouni, 2015**)

II/2 Méthodes utilisée

Nous avons utilisé la technique de coloration classique. La méthode est décrite par **Shafique et al (1992)**, pour la lentille et le pois chiche , et la methode de **Jahier et al (1992)** pour la feve .

Elles ont pour objectifs :

- Dénombrement et identification des chromosomes des géotypes de chaque espèce.
- Etude de leurs formes caryomorphologiques et établissement des caryotypes.
- Analyse comparative intra et interspécifique.

Les étapes de ces methodes sont :

II/2/1 Germination

Les graines de *Vicia faba* L, *Lens culinaris* Medik et *Cicer arietinum* L sont scarifiées et ensemencées après leur désinfection dans l'eau de javel diluée à **50%** pendant **5-7min**, suivie d'un rinçage à l'eau distillée de **10 min**. Les graines sont mises à germées dans des boites de pétri, tapissées de papier filtre imbibé d'eau distillé dans la lumière et à température ambiante.

Tableau 6 : Liste des espèces avec leurs génotypes introduites dans l'étude cytogénétique

Espèces	Génotypes (variétés / lignees)	Formule chromosomique	Source	Origine	Caractéristiques
<i>Vicia faba</i> L	Aguadulce	2n= 2X =14	I.T.G.C EL khroub	Espagne	-grosses graines -Alimentation humaine
	Féverole sidi aich	2n=2X =14	I.T.G.C EL khroub	Locale	-Taille minor -Fourragères
	Shale	2n=2X=12	I.T.G.C EL khroub	Espagne	-Taille major -Alimentation humaine
	Histal	2n=2X =12	C.C.L.S AIN mlila	Espagne	-taille major -Fourragères
<i>Lens culinaris</i> Medik	Syrie 229	2n=2x=14	I.T.G.C El khroub	Sélection locale sur population introduite, Syrie.	- Semi-érigé - Précoce - Vigoureuse - Tres bonne qualité culinaire
	Metropole	2n=2x=14	I.T.G.C El khroub	Isolé en 1942, France	-Dressé - Demi-Précoce - Vigoureuse -Tres bonne qualité culinaire
	Flip 90-31	2n=2x=14	I.T.G.C El khroub	Issu du programme international des legumineuses alimentaires de l'ICARDA en Syrie	- Excellant rendement - Bonne qualité culinaire
<i>Cicer arietinum</i> L	Flip	2n=2x=16	I.T.G.C Setif	Issu du programme international des legumineuses alimentaires de l'ICARDA en Syrie	-Bon rendement -Supporte le froid -Résistanceaux maladies
	Ghab 5	2n=2x=16	I.T.G.C Setif	Turquie introduite en Syrie	-Erigé -Précoce -Vigoureuse



Figure 15 : Les graines des génotypes appartenant aux espèces étudiées (Bentama et Boursas, 2016 ; Fareh et Aidouni, 2015).

II/2/2 Prélèvement

La période durant laquelle le coefficient mitotique est le plus élevé situé entre **24h et 48h** pour *Lens culinaris* Medik et *Cicer arietinum* L (Fareh et Aidouni, 2015), et **3 jours à 7 jours** pour *Vicia faba* L(Bentama et Boursas, 2016) où les radicules atteignent une longueur de **0.5 à 1 cm**.

II/2/3 Prétraitement

Il se fait par trempage des tissus en division dans un agent mitoclassique qui à pour effets principaux :

- a) Bloquer les divisions mitotiques au stade métaphase.
- b) Contracter les chromosomes.

L'agent mitoclassique utilisé dans le travail est : la 8-hydroxyquinoleine. La durée de ce prétraitement est :

-**24h à 25h** pour *Vicia faba* L .

-**2h 45 à 3h15** pour *Lens culinaris* Medik .

- **3h à 3h15** pour *Cicer arietinum* L.

II/2/4 Fixation

La fixation s'effectue dans une solution éthanol acide acétique (**3V-1V**) pendant **48 h** au réfrigérateur. Ce fixateur permet de détruire toute vie cellulaire, en préservant le noyau et son contenu.

II/2/5 Stockage

Le matériel est conservé au réfrigérateur dans l'éthanol **70%** .Certains fixateurs comme le **carnoy** peut également être utilisé comme solution de stockage.

II/2/6 L'hydrolyse :

Cette étape est généralement nécessaire pour obtenir ultérieurement un bon étalement des cellules et des chromosomes entre lame et lamelle. L'agent le plus fréquemment employé pour le ramollissement des tissus est l'acide chlorhydrique (HCl). Son action peut être associée à celle d'enzymes. L'hydrolyse dissout les sels pectiques de la lamelle moyenne et permet l'éclaircissage du cytoplasme. En outre, l'acide chlorhydrique libère les groupements

aldéhydiques sur les molécules de sucre de l'ADN par destruction des liaisons entre les bases puriques et le désoxyribose. La durée de cette étape est de **30 min** pour *Vicia faba* L, **20 min** pour *Lens culinaris* Medik et **15 min** pour *Cicer arietinum* L à **60° C** .

II/2/7 La coloration

Le réactif de Schiff préparé à partir de la fuchsine basique est le colorant le plus utilisé. Il se fixe sur les groupements aldéhydiques libérés lors de l'hydrolyse pour donner une coloration rouge aux chromosomes.

II/2/8 Ecrasement

La majorité des techniques présentées concernent les mitoses dans les méristèmes racinaires. Dans ce cas, la zone méristématique hydrolysée et colorée est isolée, déposée sur une lame dans une goutte de carmin acétique où d'acéto-orceine et écrasée entre lame et lamelle pour assurer la dissociation des cellules. Cette dissociation est plus difficile si les tissus ont été préalablement stockés dans l'alcool pendant une longue durée et si la quantité de tissu déposé est importante. Il faut éviter un écrasement trop violent car il y a risque d'éclatement des cellules.

II/2/9 Observation et photographies :

L'observation et la prise des photos de meilleures plaques métaphasiques s'effectuent sous l'objectif **63** d'un photomicroscope de type Leica DM 4000 (**Figure 16**).



Figure 16 : Photomicroscope de type Leica DM 4000.

II/2/10 Analyses statistiques

Les données morphométriques, concernant les garnitures chromosomiques des génotypes des espèces étudiées, sont calculées comme suivant :

- Lecture des valeurs de longueurs des bras longs (BL) et des bras courts (BC) en mm puis faire la conversion en μm .
- Calcule des valeurs moyennes de la longueur des bras longs et des bras courts en mm et des erreurs standards correspondantes puis faire la conversion en μm .
- Calculs des longueurs totales ($LT=BL+BC$).
- Calculs des longueurs totales relatives ($LR=LT \text{ de chaque chromosome} \times 100 / \Sigma LT \text{ de toutes les chromosomes}$).
- Le rapport des bras longs sur les bras courts ($r = BL/BC$).
- Calcul de l'indice d'asymétrie du caryotype ($I.a.s = \Sigma BL \times 100 / \Sigma LT$).
- Le rapport entre la paire chromosomique la plus longue et celle la plus courte de la garniture chromosomique.



Chapitre III :
Résultats et discussion



III/1 Résultats

Nous avons pu identifier les chromosomes mitotiques de 9 géotypes (lignées et variétés) appartenant à trois espèces différentes : la fève, la lentille et le pois chiche.

Rappelons que, les variations dans la forme des chromosomes (plaques métaphasiques) sont dû au fait que le degré de spiralisation ou de condensation n'est pas le même pour tous les chromosomes métaphasiques.

Cette étude à pour objectifs :

- Dénombrement et identification des chromosomes des géotypes de chaque espèce.
- Etude de leurs formes caryomorphologiques et établissement des caryotypes.
- Analyse comparative intra et interspécifique.

Nous décrivons les caractères caryo-morphologiques (ou cytogénétiques) des chromosomes, qui caractérisent le caryotype de chaque géotype.

Pour la distinction entre les types des chromosomes on suit le **tableau 5** de la nomenclature chromosomique proposée par **Levan et al (1964)**.

III/1/1 Résultats de la fève (*Vicia faba* L)

Les caryotypes des géotypes (Aguadulce, Hystal, shale et féverole) constituent, chacun, un génome qui regroupe 6 ou 7 paires chromosomiques. Donc c'est une espèce diploïde, dont le nombre de base est différent ($x=6$ et $x=7$). Le nombre total des paires chromosomiques est 6 ou 7 paires dont une paire est métacentriques et les restes paires sont acrocentriques.

Signalons que, les satellites détectés sont représentés par deux points noirs sur le ou les chromosomes marqueurs.

- **Géotype Aguadulce ($2n=2x=14$)**

Le caryotype de l'Aguadulce (S. espèce majeur) est caractérisé par la présence de 7 paires chromosomiques, dont la majorité 6 paires acrocentrique (chromosomes 1,2,3,4,5,7) et une paire métacentrique (chromosome 6) (**Figure 17 ; Tableau 7**).

Tableau 7 : Données morphométriques de génotype Aguadulce

Chr	Types	LT (μm)	LR %	Bras long (μm)	Bras court (μm)	r (L/C)
1	t	8,37 \pm 0,38	17,73 \pm 0,31	7,39 \pm 0,20	0,98 \pm 0,19	7,54 \pm 0,45
2	t	8,13 \pm 0,39	17,20 \pm 0,16	7,28 \pm 0,36	0,83 \pm 0,07	8,66 \pm 0,24
3*	t	7,05 \pm 0,57	14,92 \pm 0,20	6,2 \pm 0,54	0,85 \pm 0,11	7,21 \pm 0,09
4	t	6,39 \pm 0,60	13,52 \pm 0,24	6,07 \pm 0,58	0,81 \pm 0,07	7,65 \pm 0,27
5	t	6,07 \pm 0,42	12,85 \pm 0,13	5,54 \pm 0,37	0,67 \pm 0,07	8,2 \pm 0,43
6	m	5,67 \pm 0,15	12,01 \pm 0,23	3,16 \pm 0,22	2,51 \pm 0,15	1,25 \pm 0,05
7	t	5,52 \pm 0,05	11,70 \pm 0,17	4,85 \pm 0,07	0,67 \pm 0,02	7,16 \pm 0,13

* présence de satellite (localisés sur le télomère du bras court).

I.a.s = 85.78 %

R = 1.51 μm

- ✓ la paire la plus long est de 8.37 μm alors que la plus petite est de 5.52 μm (LT) , avec un rapport (R) entre eux R= 1.51 μm .
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 17.73 % et 11.70 %.
- ✓ le rapport entre la longueur des bras longs et des celles des bras courts (r) varie entre 1.25 et 8.66.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 44.26 % et 10.20 % .
- ✓ l'indice d'asymétrie (I.a.s) est 85.78 % .
- ✓ La présence d'un satellite localisée sur le chromosome 3 (bras court).

- **Génotype Féverole (sidi aich) (2n=2x=14)**

Le caryotype de féverole (S.espèce minor) est caractérisé par la présence de 7 paires chromosomiques, dont la majorité des paires chromosomiques sont acrocentriques (chromosome 1,2,3,5,6,7) , à l'exception la paire 4 qui est métacentrique (**Figure 18 ; Tableau 8**).

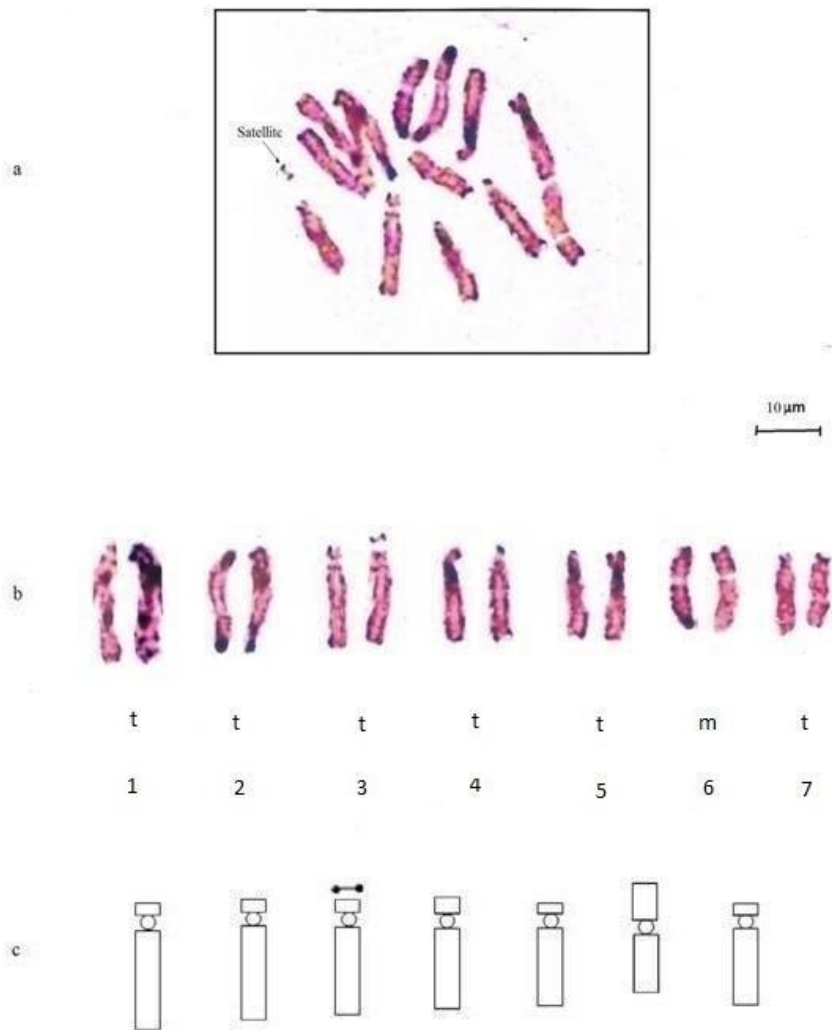


Figure 17 : caryotype de l'espèce *vicia faba* L. (Génotype. Aguadulce)

$$2n = 2x = 12t (1 \text{ sat}) + 2m = 14$$

- a- Plaque métaphasique
- b- Caryogramme
- c- Idiogramme

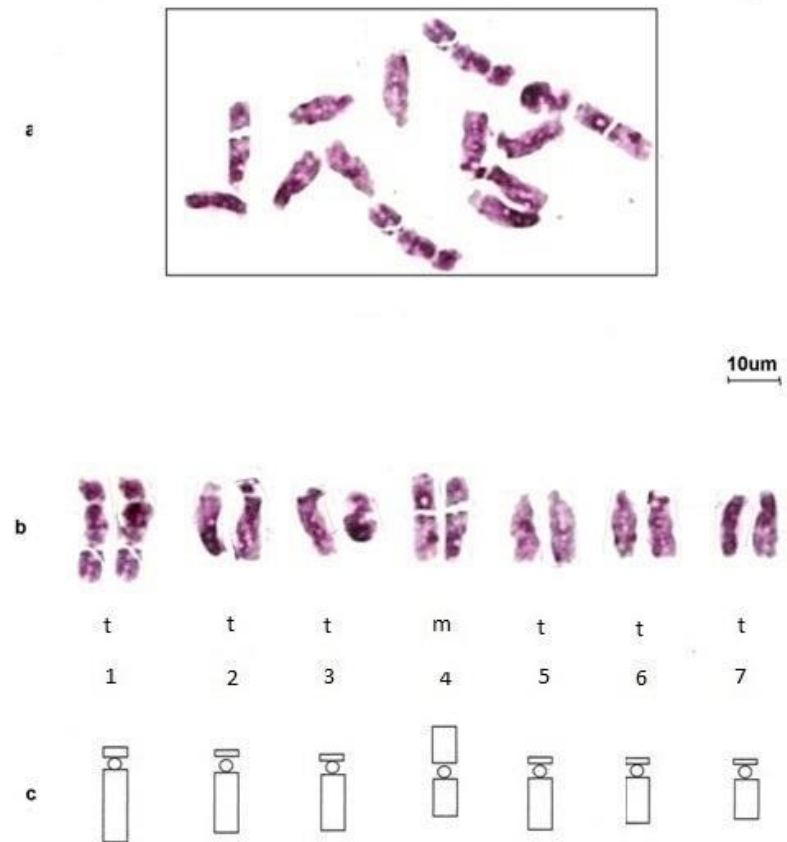


Figure 18 : caryotype de l'espèce *vicia faba* L. (Génotype. Féverole sidi Aich)

$$2n = 2x = 12t + 2m = 14$$

- a- Plaque métaphasique
- b- Caryogramme
- c- Idiogramme

Tableau 8 : Données morphométriques de génotype féverole (Sidi Aich)

Chr	Types	LT (μm)	LR %	Bras long (μm)	Bras court (μm)	r (L/R)
1	t	5.56 \pm 0.85	18.89 \pm 0.35	4.88 \pm 0.69	0.67 \pm 0.15	7.21 \pm 0.20
2	t	4.95 \pm 0.94	16.46 \pm 0.37	4.35 \pm 0.85	0.59 \pm 0.10	7.30 \pm 0.16
3	t	4.42 \pm 0.79	14.71 \pm 0.40	3.91 \pm 0.69	0.42 \pm 0.01	9.34 \pm 0.53
4	m	4.29 \pm 0.36	14.01 \pm 0.82	2.17 \pm 0.22	2.02 \pm 0.14	1.07 \pm 0.01
5	t	3.96 \pm 0.35	13.19 \pm 0.37	3.57 \pm 0.35	0.39 \pm 0.03	9.08 \pm 0.42
6	t	3.76 \pm 0.82	12.51 \pm 0.76	3.38 \pm 0.86	0.40 \pm 0.07	8.28 \pm 0.64
7	t	3.18 \pm 0.86	10.57 \pm 0.50	2.85 \pm 0.83	0.32 \pm 0.03	8.74 \pm 0.56

I.a.s = 83.36 %

R = 1.74 μm

- ✓ la paire la plus long est de 5.56 μm alors que la plus petite est de 3.18 μm (LT) , avec un rapport (R) entre eux R= 1.74 μm .
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie 18.89 et 10.57%.
- ✓ le rapport entre la longueur des bras longs et des celles des bras courts(r) varie entre 1.07 et 9.34.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 12.05 % et 10.06 % .
- ✓ l'indice d'asymétrie (I.a.s) est 83.36 % .

- **Variété Shale (2n=2x=12)**

Le caryotype de Shale (S.espèce major) est caractérisé par la présence de six paires chromosomiques. La majorité des paires chromosomiques sont acrocentriques (chromosomes 2,3,4,5,6) seule la paire 1 est métacentrique (**Figure 19 ; Tableau 9**).

Tableau 9 :Données morphométriques de la variété Shale.

Chr	Types	LT (μm)	LR %	Bras long (μm)	Bras court (μm)	r (L/R)
1*	m	5,90 \pm 0,30	19,88 \pm 0,07	3,51 \pm 0,2	2,39 \pm 0,44	1,47 \pm 0,11
2	t	5,39 \pm 0,23	18,18 \pm 0,03	4,65 \pm 0,54	0,63 \pm 0,08	7,34 \pm 0,12
3	t	4,93 \pm 0,29	16,67 \pm 0,15	4,35 \pm 0,21	0,58 \pm 0,09	7,40 \pm 0,32
4	t	4,64 \pm 0,22	15,65 \pm 0,25	4,1 \pm 0,17	0,54 \pm 0,06	7,59 \pm 0,21
5	t	4,50 \pm 0,04	15,17 \pm 0,17	3,98 \pm 0,03	0,52 \pm 0,06	7,60 \pm 0,30
6	t	4,28 \pm 0,38	14,45 \pm 0,22	3,75 \pm 0,06	0,53 \pm 0,06	7,07 \pm 0,08

* présence de satellite (localisés sur le télomère du bras court).

$$\text{I.a.s} = 82.11 \%$$

$$\text{R} = 1.37 \mu\text{m}$$

- ✓ la paire la plus long est de 5.90 μm alors que la plus petite est de 4.28 μm (LT) avec un rapport (R) entre eux R= 1.37 μm .
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 19.88 et 14.45%.
- ✓ le rapport entre la longueur des bras longs et des celles des bras courts(r) varie entre 1.47 et 7.60.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 40.5 % et 12.55 %.
- ✓ l'indice d'asymétrie (I.a.s) est 82.11 % .
- ✓ Signalons que le caryotype de variété présente le chromosome B.
- ✓ La présence d'un satellite localisée sur le bras court du chromosome 1 .

- **Variété Hital (2n=2x=12)**

Le caryotype de Hital (S.espèce major) est caractérisé par la présence de six paires chromosomiques. La majorité des paires chromosomiques sont acrocentriques (chromosomes 2,3,4,5,6), seule la paire 1 est métacentrique (**Figure 20 ; Tableau 10**).

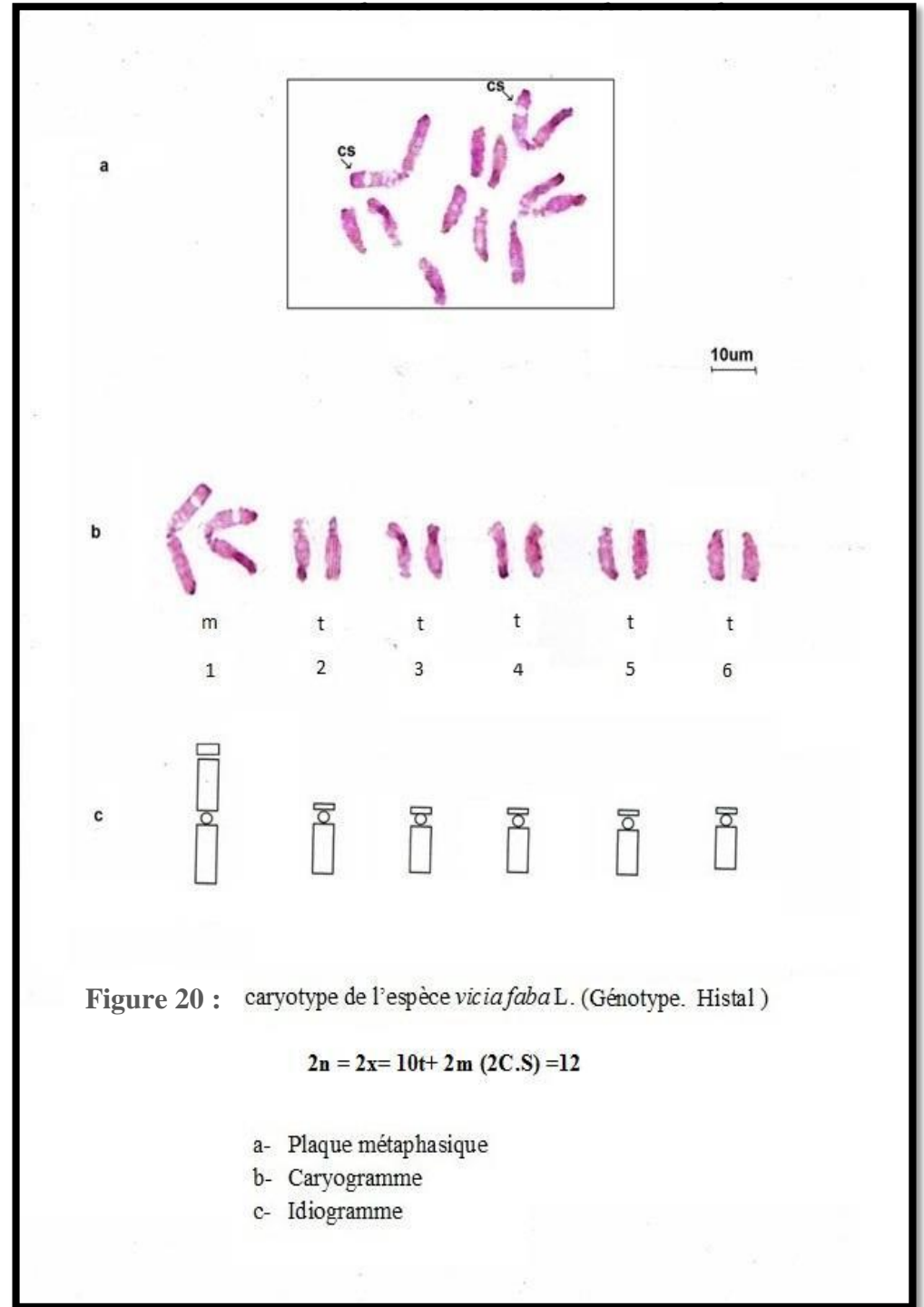
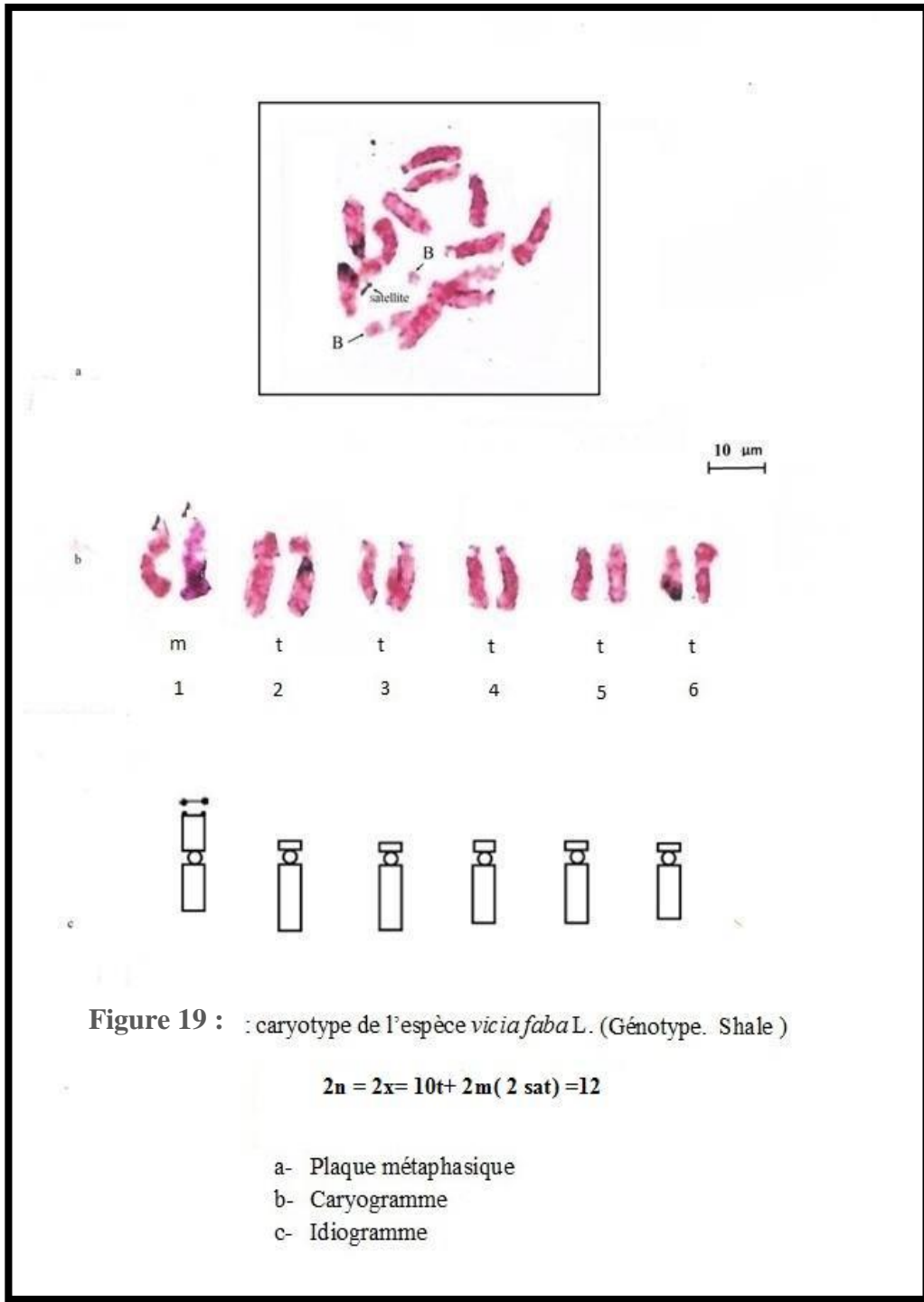


Tableau 10 : Données morphométriques de la variété Histal.

Chr	Types	LT (μm)	LR %	Bras long (μm)	Bras court (μm)	r (L/R)
1*	m	8.01 \pm 0.65	30.56 \pm 0.41	4.20 \pm 0.05	3.79 \pm 0.61	1.10 \pm 0.05
2	t	4.11 \pm 0.87	15.64 \pm 0.71	3.65 \pm 0.84	0.45 \pm 0.10	8.11 \pm 0.73
3	t	3.77 \pm 0.21	14.42 \pm 0.54	3.34 \pm 0.19	0.42 \pm 0.09	7.77 \pm 0.50
4	t	3.59 \pm 0.11	13.73 \pm 0.14	3.21 \pm 0.12	0.38 \pm 0.04	8.51 \pm 0.42
5	t	3.43 \pm 0.28	13.23 \pm 0.57	3.05 \pm 0.37	0.39 \pm 0.05	7.81 \pm 0.65
6	t	3.23 \pm 0.54	12.23 \pm 0.48	2.85 \pm 0.50	0.38 \pm 0.07	7.34 \pm 0.48

* présence d'une constriction secondaire

$$\text{I.a.s} = 77.65 \%$$

$$\text{R} = 2.47 \mu\text{m}$$

- ✓ la paire la plus long est de 8.01 μm alors que la plus petite est de 3.23 μm (LT) avec un rapport (R) entre eux R= 2.47 μm .
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 19.88et14.45%.
- ✓ Le rapport entre la longueur des bras longs et des celles des bras courts (r) varie entre 1.47 et 7.60.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 47.31 % et 11.76 %.
- ✓ l'indice d'asymétrie (I.a.s) est 77.65 %.
- ✓ La présence d'une constriction secondaire localisée sur le chromosome 1.

III/1/2 Résultats de la lentille (*Lens culinaris* Medik)

Les caryotypes des génotypes (Syrie 229, Metropole et Flip 90-31) constituent, chacun, un génome qui regroupe 7 paires chromosomiques $2x=2n=14$, donc c'est une espèce diploïde. Le nombre total des paires chromosomiques est de 7 paires dont quatre paires sont métacentriques et trois paires sont sub-métacentriques.

• **Variété Syrie 229 (2x=2n=14)**

Le caryotype de la variété Syrie 229 est caractérisé par la présence de 7 paires chromosomiques. 4 paires chromosomiques sont métacentriques (chromosomes 1,2,5,7) et 3 paires sont des sub-métacentrique (**Figure 21 ; Tableau 11**).

Tableau 11 : Données morphométriques de la variété Syrie 229

Chr	Types	LT (µm)	LR %	Bras long (µm)	Bras court(µm)	r (L/R)
1	m	5,11±0,07	5,56±0,007	2,88±0,15	2,22±0,22	0,49±0,16
2	m	4,85±0,13	5,29±0,09	3,02±0,14	1,83±0,19	0,54±0,08
3	sm	4,69±0,2	5,11±0,18	3,06±0,25	1,83±0,19	0,62±0,08
4*	sm	4,44±0,04	4,82±0,08	2,81±0,12	1,63±0,12	0,56±0,06
5	m	4,29±0,11	4,67±0,14	2,58±0,21	1,7±0,24	0,51±0,11
6*	sm	3,67±0,2	4,0±0,18	2,42±0,29	1,25±0,17	0,65±0,14
7	m	3,07±0,3	3,4±0,29	1,74±0,16	1,33±0,14	0,41±0,01

* **présence de satellites (localisés sur le télomère du bras court)**

$$\text{I.a.s} = 61.45 \%$$

$$\text{R} = 2.44 \mu\text{m}$$

- ✓ la paire la plus long est de 5,11 µm alors que la plus petite est de 3.07 µm (LT) avec un rapport (R) entre eux R= 2.44 µm.
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 5,56 et 3,4 µm.
- ✓ Le rapport entre la longueur des bras longs et celle des bras courts (r) varie entre 0,65 et 0.41 µm.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 34,05 et 43,52 %.
- ✓ L'indice d'asymétrie (I.a.s) est 61.45 % .
- ✓ La présence de deux satellites situés au niveau des paires chromosomiques 4 et 6 (bras court) . Egalement, un chromosome B est mis en évidence.

• **Variété Metropole (2x=2n=14)**

Metropole est caractérisée par la présence de 7 paires chromosomiques. La majorité des paires chromosomiques sont métacentrique (chromosomes 1,2,3,4) et le 5,6 et 7 sont des sub-métacentriques (**Figure 22 ; Tableau 12**).

Tableau 12 :Données morphométriques de la variété Metropole

Chr	Types	LT (µm)	LR %	Bras long (µm)	Bras court(µm)	r (L/R)
1	m	6,06±0,09	5,47±0,08	3,49±0,31	2,57±0,23	0,44±0,08
2	m	5,81±0,21	5,23±0,06	3,31±0,14	2,49±0,21	0,43±0,04
3*	m	5,53±0,15	4,98±0,04	3,29±0,07	2,27±0,22	0,47±0,06
4*	m	5,39±0,10	4,80±0,11	2,99±0,14	2,33±0,10	0,41±0,03
5	sm	5,29±0,24	4,41±0,07	3,40±0,16	1,49±0,11	0,74±0,07
6	sm	4,41±0,28	3,96±0,12	2,60±0,23	1,80±0,40	0,51±0,17
7	sm	4,21±0,22	3,79±0,09	2,99±0,21	1,22±0,02	0,85±0,04

* présence d'une construction secondaire

* présence de satellite (localisés sur le télomère du bras court)

$$\text{I.a.s} = 60.13 \%$$

$$\text{R} = 1,43 \mu\text{m}$$

- ✓ la paire la plus long est de 6,06 µm alors que la plus petite est de 4,21 µm (LT) avec un rapport (R) entre eux R=1,43 µm.
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 5,47 et 3,79.
- ✓ Le rapport entre la longueur des bras longs et celles des bras courts (r) varie entre 0.85 et 0.41.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 42,93 et 22,97.
- ✓ L'indice d'asymétrie (I.a.s) est 60,13 %.
- ✓ La présence d'un satellite situé au niveau du chromosome 4 (bras court), ainsi d'une constriction secondaire au niveau du chromosome 3 .

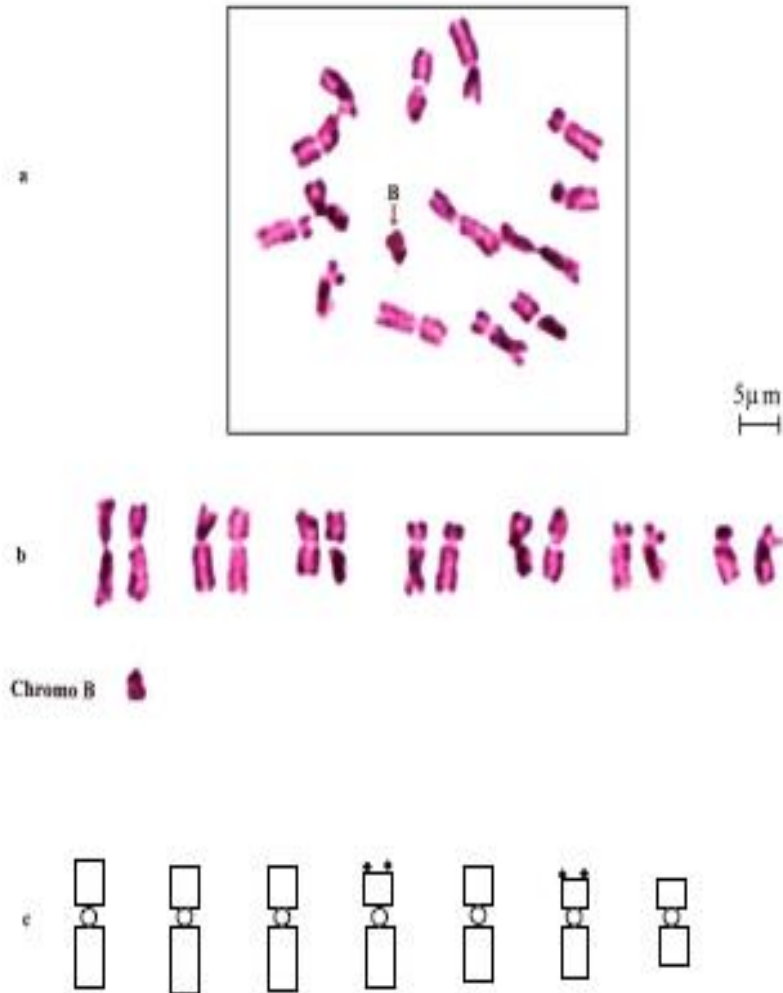


Figure 21 : Caryotype de l'espèce *Lens culinaris* Medik. (variété Syrie 229)
 a- Plaque météphasique
 b- Caryogramme
 c- Idiogramme

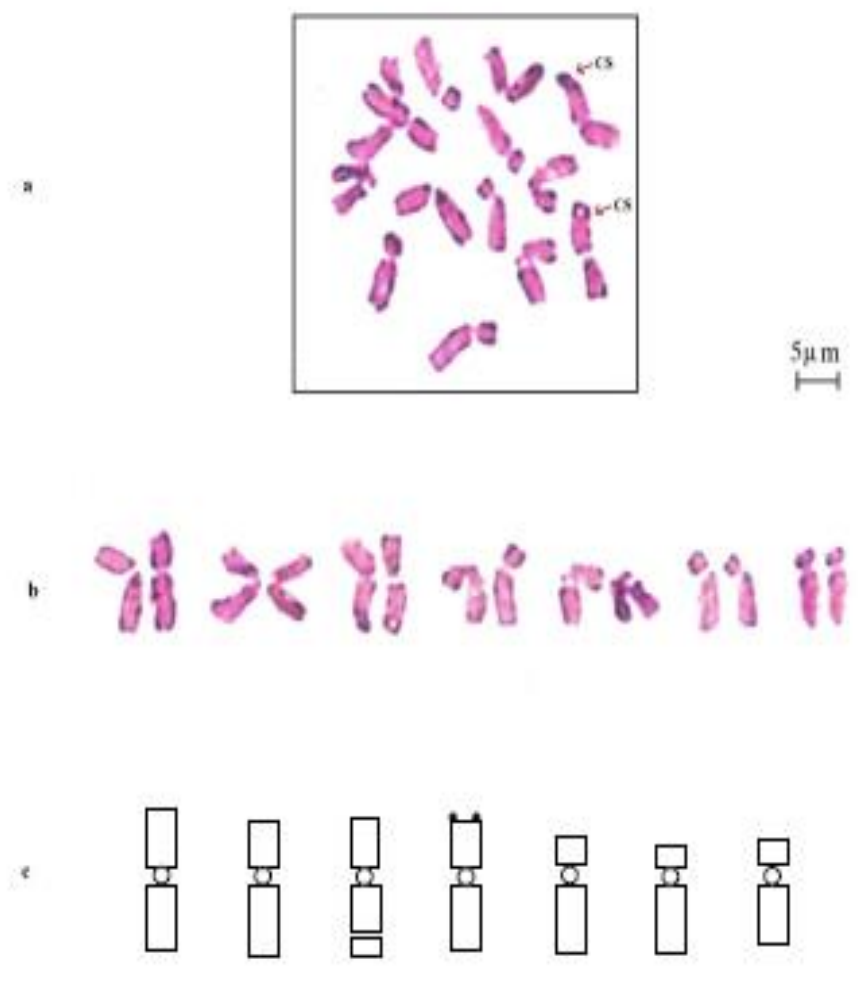


Figure 22 : Caryotype de l'espèce *Lens culinaris* Medik. (variété Metropol)
 a- Plaque météphasique
 b- Caryogramme
 c- Idiogramme

• **Variété Flip 90-31 (2x=2n=14)**

Le caryotype de cette variété est caractérisé par la présence de 7 paire chromosomiques ,quatre paires sont métacentriques (1, 2, 3, 4), et trois paires (5, 6 ,7) sont sub-métacentriques (Figure 23 ; Tableau 13).

Tableau 13 : données morphométrique de la variété Flip 90-31

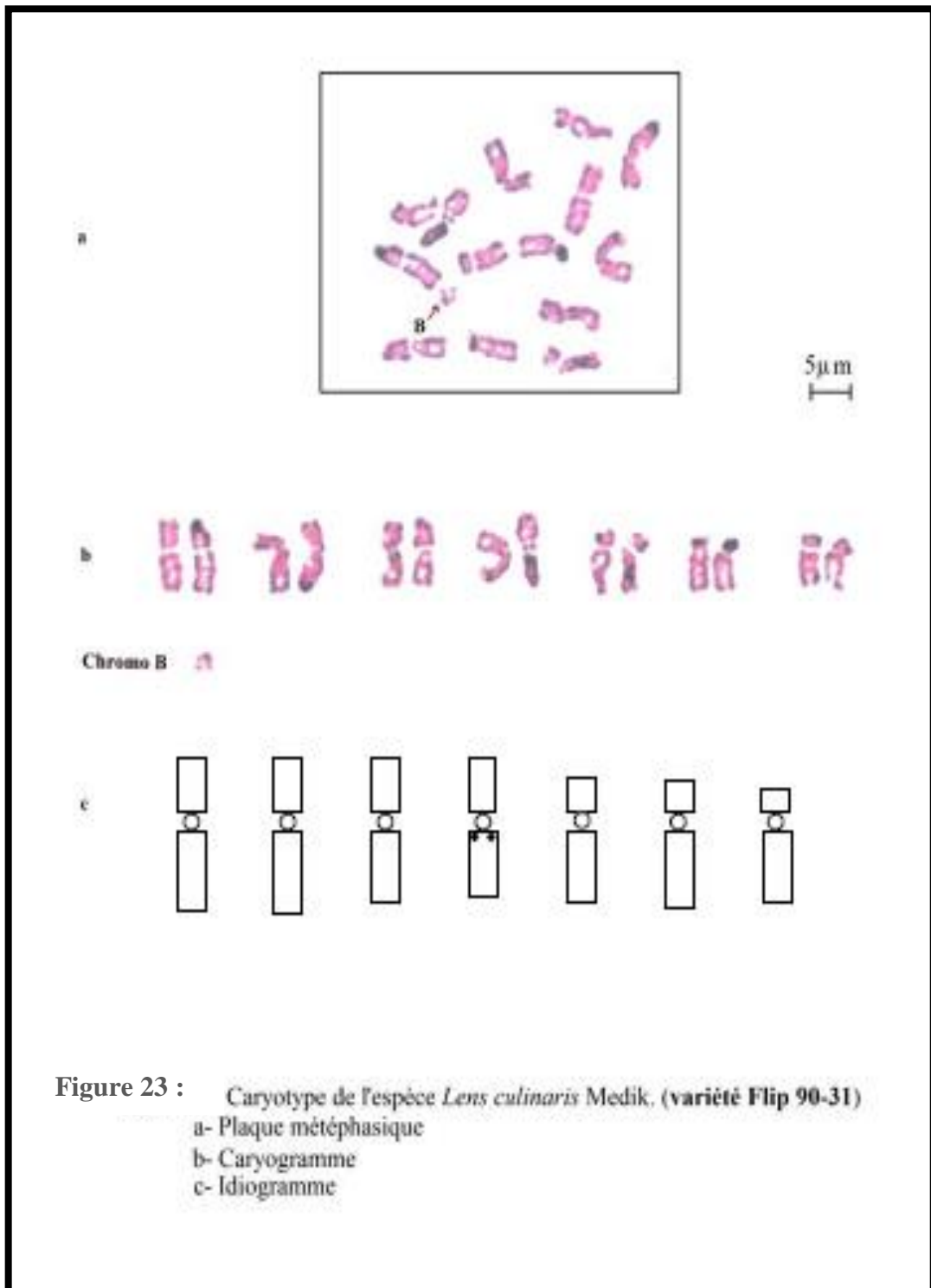
Chr	Types	LT (µm)	LR %	Bras long (µm)	Bras court(µm)	r (L/R)
1	m	6,96±0,28	5,39±0,16	4,27±0,19	2,91±0,22	0,48±0,01
2	m	6,94±0,28	5,22±0,02	4,14±0,14	2,79±0,23	0,48±0,04
3	m	6,66±0,29	5±0,02	3,71±0,12	2,94±0,16	0,41±0,006
4*	m	6,3±0,18	4,74±0,16	3,45±0,04	2,84±0,15	0,39±0,01
5	sm	5,61±0,22	4,22±0,14	3,86±0,08	1,74±0,31	0,74±0,13
6	sm	5,7±0,24	4,29±0,09	4,09±0,05	1,62±0,18	0,74±0,07
7	sm	5,02±0,26	3,75±0,09	3,74±0,21	1,27±0,04	0,95±0,01

* présence de satellites (prés au centromère)

$$\text{I.a.s} = 63.11 \%$$

$$\text{R} = 1,38 \mu\text{m}$$

- ✓ la paire la plus long est de 6,96 µm alors que la plus petite est de 5,02 µm (LT) avec un rapport (R) entre eux R= 1,38 µm.
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 5,39 et 3,75.
- ✓ Le rapport entre la longueur des bras longs et celles des bras courts (r) varie entre 0,95 et 0,39.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 45,20 et 25,39.
- ✓ L'indice d'asymétrie (I.a.s) est 63.11%.
- ✓ La présence d'un satellite localisé au niveau de la paire chromosomiques 4 ,ainsi que la présence d'un chromosome B.



III/1/3 Résultats du pois chiche (*Cicer arietinum* L)

Les chromosomes de *Cicer arietinum* sont trop petits (sous forme de points), nous étions obligés de faire un agrandissement de $\times 1750$, par rapport à la taille originale.

Les caryotypes des génotypes (**Flip et Ghab**) constituent, chacun, un génome qui regroupe 8 paires chromosomiques $2x=2n=16$. Le nombre total des paires chromosomiques est de 8 paires dont quatre paires sont métacentriques et quatre paires sont submetacentriques .

- **Variété Flip ($2x=2n=16$)**

Le caryotype de Flip est caractérisé par la présence de 08 paires chromosomiques, quatre paires sont métacentriques (1,2,3,8), et quatre sub-métacentrique (4,5,6,7) (**Figure 24 ; Tableau 14**).

Tableau 14 : Données morphométrique de la variété Flip

Chr	Types	LT (μm)	LR %	Bras long (μm)	Bras court (μm)	r (L/R)
1*	m	3.81 \pm 0.01	6.47 \pm 0.01	2.06 \pm 0.04	1.74 \pm 0.06	0.37 \pm 0.02
2*	m	3.16 \pm 0.03	5.37 \pm 0.09	1.80 \pm 0.02	1.36 \pm 0.01	0.41 \pm 0.002
3	m	2.18 \pm 0.02	3.71 \pm 0.02	1.30 \pm 0.02	0.86 \pm 0.03	0.48 \pm 0.02
4	sm	2.14 \pm 0.03	3.64 \pm 0.03	1.44 \pm 0.05	0.65 \pm 0.006	0.69 \pm 0.01
5	sm	2.01 \pm 0.31	3.43 \pm 0.11	1.36 \pm 0.06	0.64 \pm 0.01	0.66 \pm 0.01
6	sm	1.91 \pm 0.003	3.25 \pm 0.02	1.26 \pm 0.009	0.64 \pm 0.01	0.57 \pm 0.02
7	sm	1.68 \pm 0.006	2.87 \pm 0.03	1.11 \pm 0.02	0.62 \pm 0.02	0.54 \pm 0.003
8	m	1.67 \pm 0.003	2.88 \pm 0.03	0.94 \pm 0.002	0.68 \pm 0.02	0.43 \pm 0.01

* présence de satellites (localisés sur le télomère du bras court)

$$\text{I.a.s} = 60,72\%$$

$$\text{R} = 2,28 \mu\text{m}$$

- ✓ la paire la plus long est de 3,81 μm alors que la plus petite est de 1,67 μm (LT) avec un rapport (R) entre eux 2,28 μm .
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 6,47 et 2,87.
- ✓ Le rapport entre la longueur des bras longs et celles des bras courts (r) varie entre 0,69 et 0,37.

- ✓ L'indice centromérique varie entre 45,72 et 31,17.
- ✓ L'indice d'asymétrie (I.a.s) est 60,72 % .
- ✓ La présence de deux satellites localisés au niveau de la paire chromosomiques 1 et 2 .

• **Variété Ghab5 (2x=2n=16)**

Le caryotype de Ghab5 est caractérisé par la présence de 08 paires chromosomiques, et comme dans la variété précédente, quatre paires sont métacentrique (1,6,7,8) , et les autres sont sub-métacentriques (2,3,4,5) (**Figure 25 ; Tableau 15**).

Tableau 15 : Données morphométrique de la variété Ghab 5

Chr	Types	LT (µm)	LR %	Bras long (µm)	Bras court(µm)	r (L/R)
1	m	3.21±0.16	5.18±0.38	2.01±0.08	1.19±0.22	0.53±0.16
2	sm	3.05±0.05	4.78±3.93	2.32±0.03	0.72±0.01	1.00±0.009
3	sm	2.84±0.03	4.45±0.03	1.75±0.23	0.89±0.16	0.72±0.19
4	sm	2.63±0.23	4.12±0.27	1.83±0.27	0.80±0.03	0.72±0.13
5*	sm	2.19±0.15	3.43±0.16	1.43±0.07	0.75±0.07	0.67±0.02
6	m	2.11±0.15	3.31±0.16	1.36±0.07	0.75±0.21	0.57±0.25
7	m	2.11±0.09	3.41±0.17	1.32±0.07	0.79±0.08	0.52±0.04
8	m	1.75±0.19	2.75±0.24	1.07±0.05	0.68±0.14	0.50±0.08

* présence de satellites (localisés sur le télomère du bras court)

$$\text{I.a.s} = 65,81 \%$$

$$\text{R} = 1,83 \mu\text{m}$$

- ✓ La paire la plus long est de 3,21 µm alors que la plus petite est de 1,75 µm (LT) avec un rapport (R) entre eux 1,83 µm .
- ✓ La longueur totale relative (LR) varie entre 5,18 et 2,75.
- ✓ Le rapport entre la longueur des bras longs et celles des bras courts (r) varie entre 1,00 et 0,50.
- ✓ L'indice centromérique varie entre 38,85 et 23,68.
- ✓ L'indice d'asymétrie (I.a.s) est 65,81 %.
- ✓ La présence d'un satellite localisé au niveau de la paire chromosomiques 5.

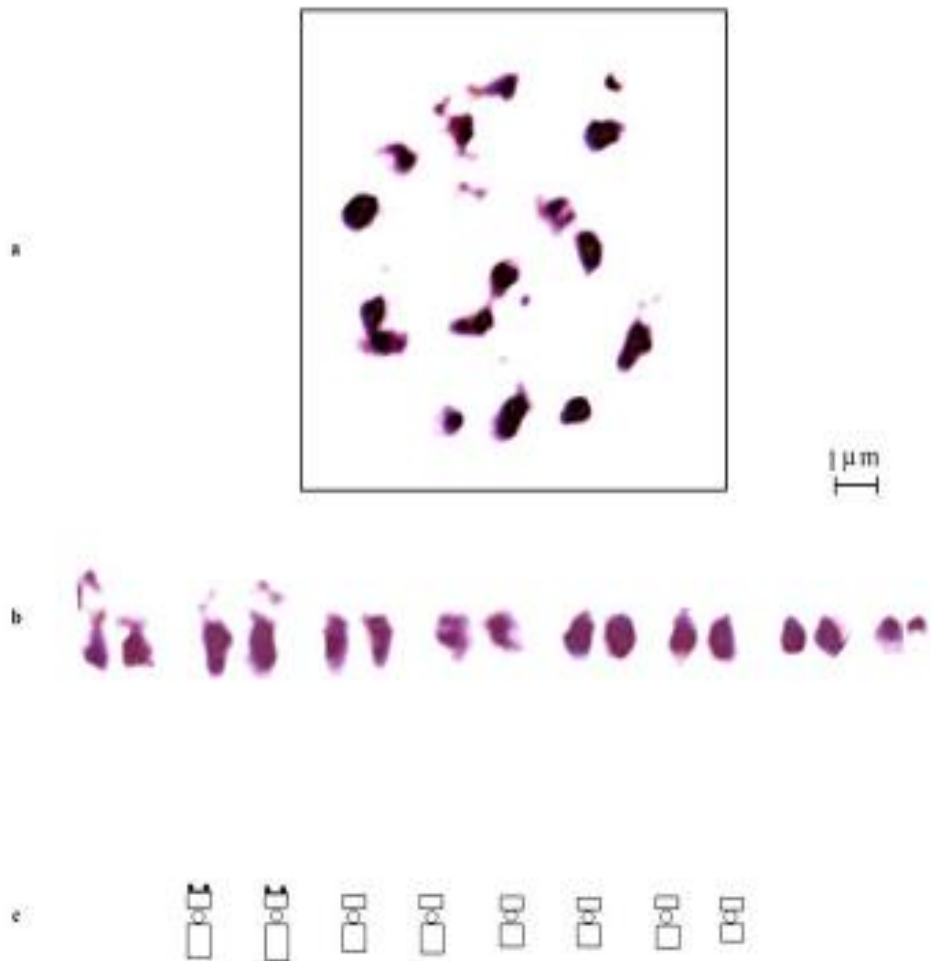


Figure 24 : Caryotype de l'espèce *Cicer arietinum* L. (variété Flip) (Gx1750)
 a- Plaque métaphasique
 b- Caryogramme
 c- Idiogramme

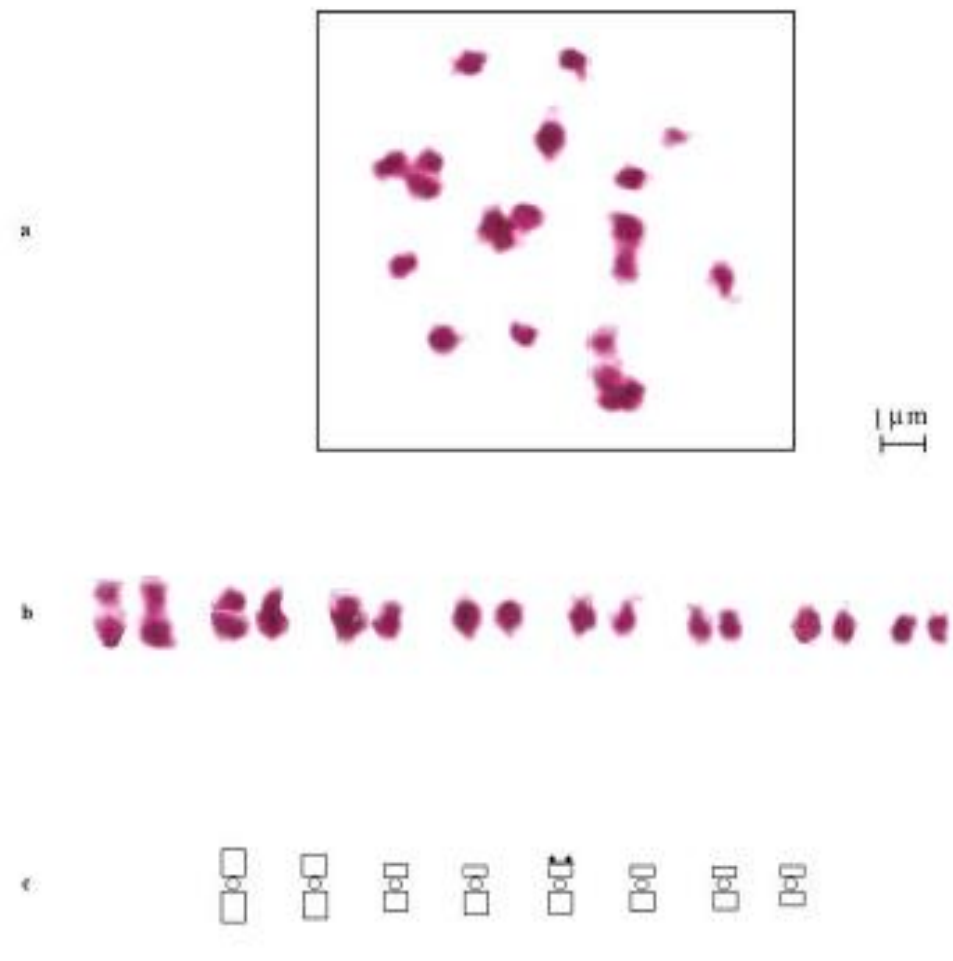


Figure 25 : Caryotype de l'espèce *Cicer arietinum* L. (variété Ghab 5) (Gx1750)
 a- Plaque métaphasique
 b- Caryogramme
 c- Idiogramme

III/2 Discussion

Les méthodes cytogénétiques à travers le dénombrement chromosomique permettent dans un premier temps de déterminer le niveau de ploïdie du matériel étudié, et de mettre en évidence la garniture chromosomique de l'espèce végétale, dont son nombre de base est inconnu.

Plusieurs paramètres interviennent dans la description de la morphologie des chromosomes :

- La position du centromère et la taille des chromosomes..
- L'existence ou non de satellites et les constriction secondaires qui identifient les chromosomes marqueurs portant les régions organisatrices nucléolaires (N.O.R).
- La présence ou non des chromosomes surnuméraires B.

D'autres caractères sont utilisés pour l'étude des caryotypes : la longueur totale des chromosomes (LT), la taille relative des chromosomes (LR), l'indice d'asymétrie de caryotype (I.a.s) et le rapport de la plus longue paire chromosomique et celle de la plus courte (R).

III/2/1 Comparaison intraspécifique : entre les variétés de chaque espèce

- **La fève (*Vicia faba* L)**

De nombreux travaux ont fait l'objet d'étude de la fève (**Bengt et al 1996 ; Pandey ,2007 ; Chafi et Bensoltane, 2009 ; Annathurai Gnanasam bandam et al., 2012 ; Jukanti et al., 2012, Hiremath et al. 2012, Matagne ,2015**). Ces travaux portent essentiellement sur différents aspects (agronomiques, biométriques, biochimiques et moléculaires et cytogénétiques). En caryologie, malgré la somme des travaux réalisés sur les chromosomes de *Vicia faba* L, reste à difficile à mettre en évidence le donneur du génome de cette espèce pour établir la cartographie cytogénétique moléculaire du génome de l'espèce.

Le nombre total des chromosomes observé chez le génotype Agaudulce (s-espèce major) et la Féverole (sidi aich , s-espèce minor) ($2n=2x=14$) est plus élevé que celui des deux autres variétés Shale et Histal (s-espèces major) ($2n=2x=12$) .ceci s'explique par un nombre de base ($x=7$ ou $x=6$) différent.

Du point de vu taille et forme, les chromosomes des génotypes Agaudulce et Féverole sont assez grand (**Figure 18,19**), leurs caryotypes révèlent la présence de 7 paires chromosomiques, dont 6 paires sont acrocentriques et 1 paire chromosomique métacentrique.

Par opposition, ceux de Shale et Histal sont petits (**Figure 19,20**) avec la présence de 5 paires chromosomiques acrocentrique et 1 paire métacentrique. Les même résultats sont obtenu par **Haadad H et Annane I (2015)**.

La comparaison des idiogrammes des génotypes (**Figure 26**) montre quelques variations, concernant le nombre des satellites (marqueur génétique), et leur emplacement sur les paires chromosomiques : Dans le génotype Aguadulce elle présente un satellite localisée sur le chromosome 3 , pour la variété Shale, il est situé sur le chromosome 1 , par contre, la féverole on est dépourvue.

Seul le génotype Histal qui porte une constriction secondaire au lieu d'un satellite sur le chromosome 1. Cela a été signalé par les auteurs (**Guen et Duc (1996), Duc (1997), Matagne (2005) et Anne-Sophie 2010**).

D'après les auteurs **Guen et Duc (1996), Duc (1997), Matagne (2005) et Anne-Sophie (2010)**, Le caryotype de *Vicia faba* L. est très simple et possède 6 paires chromosomiques de grande taille ($2n=2x=12$) , Contrairement, Dans notre cas les chromosomes des génotypes Shale et Histal ($2n=2x=12$) sont de petite taille, et ceux de Aguadulce et féverole (Sidi Aich) avec 7 paires chromosomiques ($2n=2x=14$) sont grande de taille.

D'après les même auteurs cité ci-dessus, les grands chromosomes, mesurant 15 μm de long, dans notre cas, la plus grande longueur totale ne dépasse pas 8.37 μm .

Les caryotypes des génotypes étudiées sont symétriques tant pour la forme que pour la taille des chromosomes. L'indice d'asymétrie ayant sensiblement les mêmes valeurs (**85.78%** Aguadulce, **83.36%** féverole, **82.11%** Shale et **77.65 %** Histal). **Haadad H et Annane I (2015)** ont obtenue les même indice d'asymétrie pour Aguadulce et Shale sauf pour Histal (**84.04 %**).

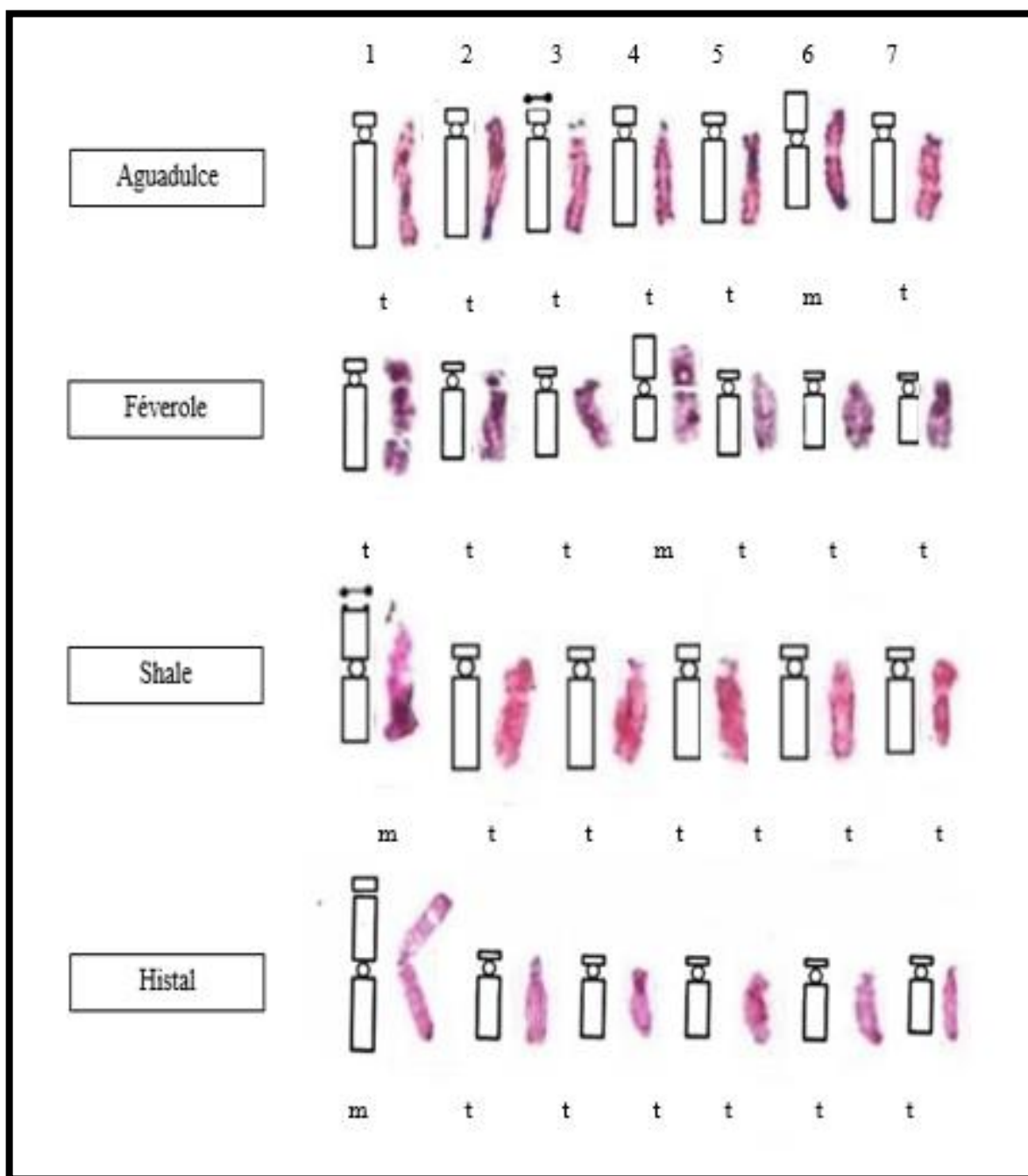


Figure 26 : Représentation des caryogrammes et des idiogrammes de quatre génotypes de *Vicia faba* L

- **La lentille (*Lens culinaris* Medik)**

La lentille cultivée est classée en deux groupes selon la taille de la graine (**Brink et Belay, 2006**) :

- Le groupe *macrosperma* avec un diamètre supérieur à 6 mm .
- Le groupe *microsperma* avec un diamètre inférieur à 6 mm .

Le matériel d'étude choisi comme modèle expérimental est celle du groupe *microsperma* (var. Syrie 229) et *macrosperma* (var. Metropol et Flip 90-31).

L'observation des caryotypes des génotypes (Syrie 229, Metropole et Flip 90-31) montrent que chacune, ont un génome qui regroupe 7 paires chromosomiques $2x=2n=14$ (nombre de base similaire ($x=7$)) , donc la lentille est une espèce diploïde.

La plus grande taille de chromosome est observée chez le génotype Flip 90-31(6,96 μm) et la plus petite taille de chromosome est détectée chez le génotype Syrie 229 (3,07 μm). Les caryogrammes montrent quatre paires métacentriques et trois paires submétacentriques pour tous les génotypes (**Figure 21,22,23**) .

Selon les résultats obtenue par **Hammouda et Khalfallah (2015)** , La plus grande taille de chromosome est observée chez le génotype Idlep1 (7,44 μm) et la plus petite taille de chromosome est détectée chez le génotype Dahra (1,59 μm), se qui n'est pas notre cas.

La comparaison des idiogrammes des génotypes (**Figure 27**) a montré que le génotype Syrie 229 présente deux satellites situés au niveau des chromosomes 4 et 6, le génotype Metropole présente un satellite situé au niveau du chromosome 4, ainsi d'une constriction secondaire au niveau du chromosome 3 et la variété Flip 90-31 présente un satellite localisé au niveau de la paire chromosomiques 4.

La localisation et le nombre de zones vitales des chromosomes (satellites / construction secondaire, centromère) sont différents de ceux observés par les auteurs (**Sinha et Singh, 1982; Sindhu et al., 1984; Slinkard 1985; Raziuddin et al., 1990**), **Ahmad et al. (1992)** **Galasso et al., 2001**, **Gaffarzadeh et al., 2007**). Ces derniers ont pu montrer une paire de satellites sur les chromosomes 2 et 4 (près du centromère du bras long). Alors que **Hammadi et al. (2018)** ont montré que Syrie 229 présente trois satellites sur les chromosomes 2,3 et 6 (bras cour) , Flip 90-31 présente un satellite situé sur le chromosome 3 (bras cour) et Metropole ne présente aucun satellite, se qui n'est pas notre cas.

D'autres travaux cytogénétiques (**Abbo et al. 1994 ; Kumar et al. 1997,2001 ; Galasso et al. 2001**), ont confirmé l'existence d'une région organisatrice nucléolaire (**N.O.R**) sur le chromosome 4 par hybridation *in situ*, en utilisant la sonde (pTa71). Rappelons que, les satellites sont toujours associés aux régions organisatrices nucléolaires (**N.O.R**) qui codent pour les gènes ribosomiques (**Appels 1982 ; Schlegel et Gill 1984 ; Gill et al. 1991, Hammouda et Khalfallah 2008**).

Jones (2008) a décrit l'ensemble du satellite et la constriction secondaire comme une «région satellite». L'existence de l'ADN satellite (ADN répétitif) est considérée comme un marqueur génétique pouvant jouer un rôle dans l'appariement des chromosomes lors de la méiose et protéger les gènes terminaux contre les gains et les pertes de processus chromosomiques.

Les résultats obtenus par les auteurs (**Galasso et al., 2001, Gaffarzadeh et al., 2007**) sont conformes pour les types chromosomiques, chez la lentille cultivée, quatre paires chromosomiques de types métacentriques et trois sub métacentriques sont détectées, ce qui est notre cas. Par contre **Hammouda D et Khalfallah N (2015)** ont signalées cinq paires chromosomiques de types métacentriques et deux sub métacentriques pour Metropole.

Par ailleurs, d'autres auteurs (**Shafique et al., 1994**), ont signalé que le caryotype du *Lens culinaris* est constitué de trois paires chromosomiques métacentriques, quatre paires submétacentriques et l'absence des satellites, se qui n'est pas notre cas.

Les caryotypes des génotypes étudiées sont symétriques tant pour la forme que pour la taille des chromosomes. L'indice d'asymétrie ayant sensiblement les mêmes valeurs (**61,45 % Syrie, 60,13 % Metropol, 63,11 % Flip 90-31**).

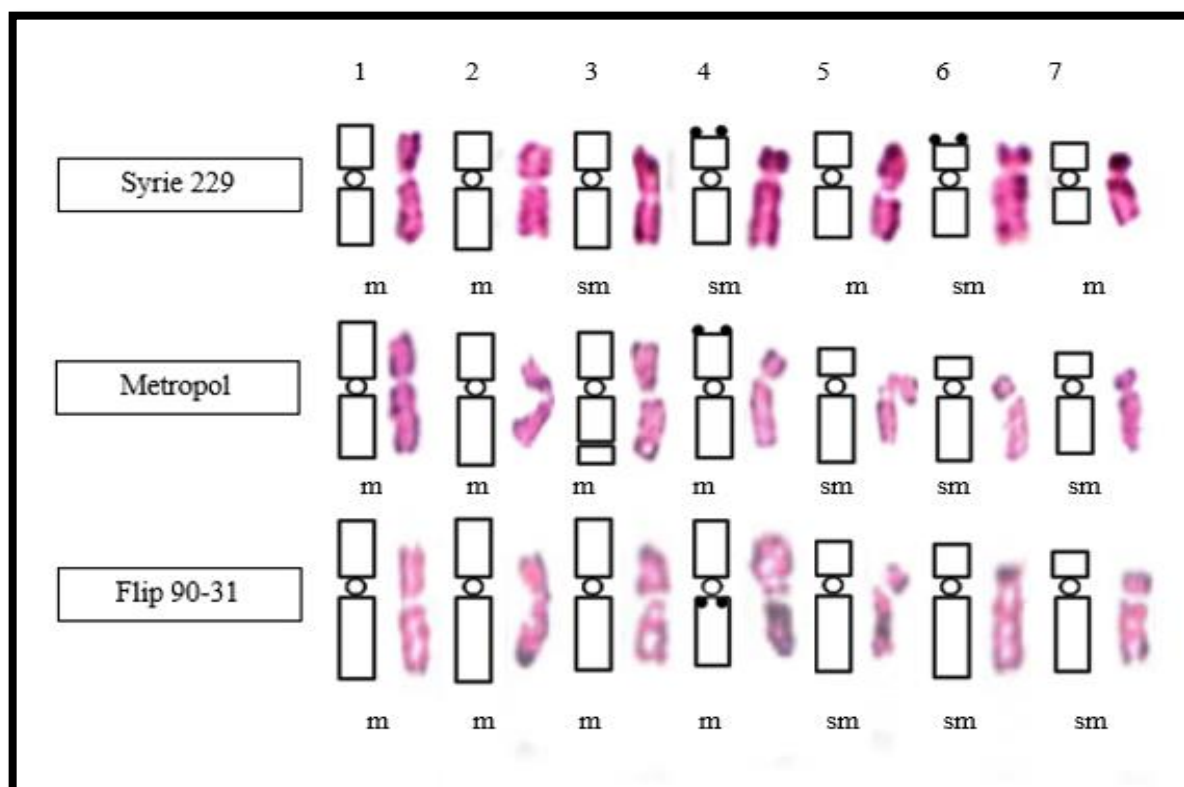


Figure 27 : Représentation des caryogrammes et des idiogrammes de trois génotypes de *Lens culinaris* Medik

- **Détection des chromosomes B**

Les chromosomes B sont observés chez la fève (génotype Shale) et la lentille (les génotypes Syrie229 et Flip 90-31). D'après la littérature (Sarvella 1959 ; Stebinn, 1971 ; Amirouche, 2007 ; Houben et al. 2011 ; Hammouda et Khalfallah , 2008, 2013 ; Hammouda et al., 2017, Hamadi et Hammouda, 2018), la présence des chromosomes B jouent un rôle important dans l'adaptation du végétal aux conditions défavorables du milieu.

Par ailleurs Ostashevsky (1996) montre que, l'addition des chromosomes "B" peut améliorer les régions organisatrices nucléolaires (N.O.R) du végétal.

- **Le pois chiche (*Cicer arietinum* L)**

De nombreux travaux ont fait l'objet d'étude du pois chiche (Bock 2009 ; Cannon et al. 2010, Thudi et al., 2011, Hiremath et al. 2011, Varshney Rajeev et al., 2013). Ces travaux portent essentiellement sur différents aspects (agronomiques, biométriques, biochimiques et moléculaires). Quelques travaux ont été conduits en cytogénétique.

L'observation des caryotypes des génotypes (Flip et Ghab 5) montrent que chacune, ont un génome qui regroupe 8 paires chromosomiques $2x=2n=16$ (nombre de base similaire ($x=8$)). D'après la littérature (Sharma et Gupta, 1983 ; Kutarekar et Wanjari, 1983 ; Mukherjee et Sharma, 1987 ; Ahmad et al., 1987), le nombre de chromosomes mitotiques des espèces du genre *Cicer* (cultivée ou sauvages), est défini comme : $2n = 2x = 16$, ce qui est notre cas.

Du point de vue taille et forme, la taille la plus grande et petite de chromosome est observée chez le génotype Flip (3.81 μm , 1,67 μm). Les caryogrammes montrent quatre paires métacentriques et quatre paires submétacentriques (Figure 24,25) .

Selon Gianfranco et al., (1995) tous les génotypes ont trois paires de chromosomes submétacentriques et cinq métacentriques , et Hejazi (2011) a signalé 16 chromosomes métacentriques dans *Cicer arietinum* L , ce qui n'est pas notre cas.

La comparaison des idiogrammes des variétés (Figure 28) a montré que la variété Flip présente deux satellites localisés sur les chromosomes 1 et 2 , et la variété Ghab 5 présente un satellite localisé au niveau de chromosome 5 .

Nos résultats sont cohérents avec ceux des auteurs (Sharma and Gupta, 1983,1986 ; Kutarekar and Wanjari, 1983; Mukherjee et Sharma, 1987; Ahmad et al., 1987 ;Galasso et Pignone 1992 ; Ocampo et al.,1992 ; Ahmad et Hymowitz 1993 ; Tayyar et al.,1994 ; Ahmad ,2000) pour les types chromosomiques mais ils montrent des différences remarquables, au niveau des emplacements de satellites sur les paires chromosomiques. Par contre Mercy et al., 1974; Ahmed et Godward, 1980; Sharma et Gupta, 1983; Ahmad et al., 1987 ont signalé l'absence de satellites chez *Cicer arietinum* et *Cicer reticulatum*. Donc, il est important, de réaliser des études approfondies sur le pois chiche.

Notons l'absence des chromosomes B et constriction secondaire chez les deux génotypes de pois chiche. Selon John et al. (1982) il existe une corrélation entre la présence des chromosomes B et la répartition écologique des populations, les même auteurs ont montré que les populations de *Myrmeleotettix maculatus* présentent plusieurs chromosomes B dans les régions sèches et chaudes, tandis que dans les climats plus humides et plus froids, ces chromosomes sont présents en petit nombre, voire absents. Ces auteurs aussi concluent que les chromosomes B jouent un rôle dans l'adaptation des organismes aux variations environnementales.

Les caryotypes des variétés étudiées sont symétriques tant pour la forme que pour la taille des chromosomes. L'indice d'asymétrie ayant sensiblement les mêmes valeurs (60,72 % Flip, 65,81 % Ghab 5).

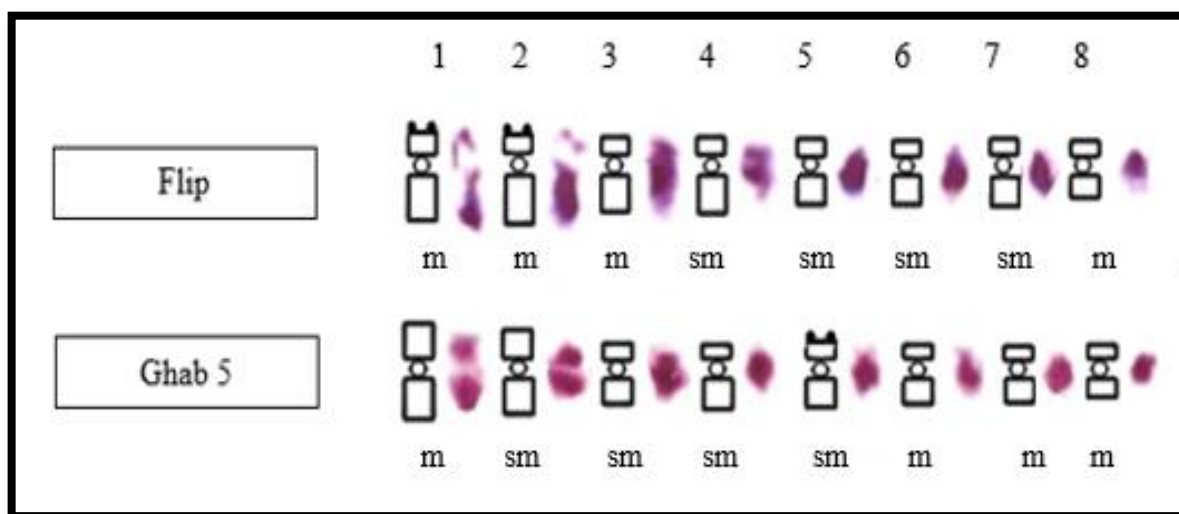


Figure 28 : Représentation des caryogrammes et des idiogrammes de trois génotypes de *Cicer arietinum L*

Siljak-Yakovlev (1986) estime que plus les caryotypes sont symétriques, plus ils sont primitifs. Dans ce sens, nous pouvons dire que, les caryotypes du *Vicia faba L*, *Lens culinaris Medik* et *Cicer arietinum L* sont considérés comme primitif.

III/2/2 Comparaison interspécifique : entre les trois espèces

L'étude menée sur les trois légumineuses alimentaires, nous a permis de distinguer des variations importantes et remarquables dans les caractères étudiés. D'après le **tableau 16**, nous constatons que le nombre de base (facteur déterminant la garniture chromosomique 2n) est différent entre les espèces et à l'intérieur de l'espèce *Vicia faba*.

Tableau 16 : Comparaison interspécifique entre les trois espèces *Vicia faba* L, *lens culinaris* Medik, et *Cicer arietinum* L.

Caractères cytogénétiques	Vicia faba L	Lens culinaris Medik	Cicer arietinum L
Nombre des chromosomes	2n=2x= 12 ou 2n=2x= 14	2n=2x= 14	2n=2x= 16
Nombre de base	X = 6, X = 7	X = 7	X = 8
Taille des Chromosomes	Assez grande	Moyenne	Trop petite (forme de points)
Type chromosomique	5 ou 6 acrocentriques + 1 métacentrique	4 métacentrique + 3 sub-métacentrique	4 métacentrique + 4 sub-métacentrique
Satellites	Présence	Présence	Présence
Constrictions secondaires	Présence	Présence	Absence
Chromosomes B	Présence	Présence	Absence
L'asymétrie	Caryotype symétrique	Caryotype symétrique	Caryotype symétrique

Conclusion et perspectives

En se basant dans ce travail sur la forme des chromosomes, la présence ou l'absence des satellites (chromosome marqueur), la constriction secondaire (l'identification des chromosomes marqueurs portant les zones riches en gènes ribosomiques) et les chromosomes B (l'adaptation du végétal aux conditions défavorables), cela nous a permis d'élargir nos connaissances sur les aspects caryo-morphologiques des 3 espèces légumineuses alimentaires : La fève (*Vicia faba* L $2n=2x=12$ ou 14 ; nombre de base ($x=7$ ou $x=6$) différent), la lentille (*Lens culinaris* Medik $2n=2x=14$; nombre de base similaire ($x=7$)) et le pois chiche (*Cicer arietinum* L $2n=2x=16$; nombre de base similaire ($x=8$)). La technique de coloration classique est appliquée pour étudier la variation du nombre de chromosomes chez les différents génotypes avec simples modifications, concernant le prétraitement et l'hydrolyse.

Rappelons que, le donneur du génome *Lens culinaris* est l'espèce *Lens orientalis* (C'est la seule espèce à partager l'essentiel du patrimoine génétique du *Lens Culinaris*), les donneurs du génome *Cicer arietinum* sont *Cicer reticulatum* et *Cicer echinospermum*, ces deux espèces ne diffèrent pas beaucoup de l'espèce cultivée *Cicer arietinum* L, par contre, celui de *Vicia faba* est inconnu jusqu'à présent et c'est une opportunité pour réaliser des travaux cytogénétiques-moléculaires afin d'identifier l'origine de cette espèce.

Concernant les satellites, ils sont présents chez toutes les espèces étudiées sachant que l'ensemble du satellite et la constriction secondaire constituent une «région satellite». L'existence de l'ADN satellite (ADN répétitif) est considérée comme un marqueur génétique pouvant jouer un rôle dans l'appariement des chromosomes lors de la méiose et protéger les gènes terminaux contre les gains et les pertes de processus chromosomiques. Pour les chromosomes B et la constriction secondaire, toutes les espèces en contiennent, par contre ils sont absents chez les deux génotypes de pois chiche.

Quant aux caryotypes du *Vicia faba* L, *Lens culinaris* Medik et *Cicer arietinum* L sont considérés comme primitifs.

En perspectives, nous souhaiterons d'envisager d'autres techniques modernes et moléculaires tels que :

- Le N-banding pour la localisation des régions organisatrices nucléolaires associés aux satellites et constriction secondaires (zones vitales du génome).

Conclusion et perspectives

- Le C-banding pour la détermination du taux d'hétérochromatine (séquences d'ADN non codantes) des génomes des espèces étudiés.
- Le fluorochrome banding pour mesurer le taux d'ADN génomique.
- La FISH (Fluorescent In Situ Hybridization) pour la localisation des gènes ribosomique et la recherche des mutations chromosomiques chez les géniteurs et sa génération.



Références bibliographiques



Références bibliographiques

- **Abbo, S., Miller, T.E., Reader, S.M., Dunford R.P., King I.P.**, Detection of ribosomal DNA sites in lentil and chickpea by fluorescent *in situ* hybridization, *Genome*, 1994,37, 713-716.
- **Ahmad F ,2000**, A comparative study of chromosome morphology among the nine annual species of Cicer L, *Cytobios* 101 : p 37-53.
- **Ahmad F et Hymowitz T ,1993**, The fine structure of chickpea (*Cicer arietinum* L) chromosomes as revealed by pachytene analysis, *Theor, Appl, Genet*, p 86: 637-641.
- **Ahmad H, Alam I.M, Khawaja H.I.T , 1992**, Karyotypic studies in *lens culinaris* Pakphyton, 4:181-189.
- **Ahmad, F, Slinkard, A. E et Scoles, 1987**, Karyotypic analysis of annual Cicer L. species. *The Genetics Society of Canada Bulletin* 18 (Suppl. 1), p 130.
- **Ahmed, et Godward, M. B. E., 1980**. Cytological studies on the cultivars of *C. arietinum* L. from Pakistan. *Catylogia*, p 33, p 55—68.
- **Allali H et Boussouar K , 2007** , Etude des besoins en eau de la culture de pois chiche (*Cicier arietinum*) dans la région de Sidi Bel Abbés mémoire de fin d'études De DES Biologie et physiologie végétale.
- **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.
- **Ampomah OY, Huss-Danell K ,2016**, Genetic diversity of rhizobia nodulating native *Vicia* spp, in Sweden, *Syst Appl Microbiol* p 39:203–210.
- **Annathurai Gnanasambandam, Jeff Paull , Ana Torres , Sukhjiwan Kaur , Tony Leonforte , Haobing Li , Xuxiao Zong , Tao Yang et Michael Materne**, Impact of Molecular Technologies on Faba Bean (*Vicia faba* L.) Breeding Strategies, *Agronomy*, 2132-166; doi :10.3390/agronomy2030132, 2012 .
- **Anne-Sophie Foltête**, Effets génotoxiques et systèmes de détoxification chez *Vicia faba* (Fabaceae) dans le cadre de l'évaluation des sols pollués [archive], sur doc num.univ lorraine, fr, 2010 (consulté le 13 juin 2020).

Références bibliographiques

- **APG, 2016**, An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1–420.
- **Appels, R**, The molecular cytology of wheat-rye hybrids, *Int. Rev.Cytol*, 1982, 14, 93-132.
- **Austruy A, Wanat N, Moussard C, Vernay P, Joussein E, Ledoigt G, Hitmi A ,2013**, Physiological impacts of soil pollution and arsenic uptake in three plant species : *Agrostis capillaris*, *Solanum nigrum* and *Vicia faba*. *Ecotoxicol Environ Saf* , p 90:28–34.
- **Azani N, Babibeau M, Bailey C D , Banks H , Barbosa A R. Boatwright J S et Barbosa P R, 2017**, A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny , *Phylogeny and classification of the Leguminosae*, LPWG Taxon, 66(1) : p 44–77.
- **Babaheddi Youssef ,2016**, Croissance et développement de la lentille en intercalaire dans une oliveraie , *Biotechnologie et Valorisation des Phyto Ressources* ,Maroc , faculté des sciences et techniques de Fes, p8.
- **Baldwin KR, CreamerNG,2006**, Cover crops for organic farms,*Organic production*:1–22.
- **Baudoin, 2001**, Contribution des ressources phytogénétiques à la sélection variétale delégumineuses alimentaires tropicales, *Biotechnol, Agron, Soc, Environ* ; 5(4) : 221-230.
- **Bejiga et Van Der Maesen L J G , 2007**, *Cicer arietinum* L, In ; Brink M .
- **Belay M G, 2006**, ressources végétales de l’Afrique tropicale 1, Céréales et légumes secs, fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas / Backhuys Publishers, Leiden , Pays Bas / CTA, Wageningen Pays-Bas .P 46.
- **Belesi K H, 2009**, a. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du bas - kasai (RDC) thèse de doctorat, UNIKIN, p (563) ; b. Notes du cours de dendrologie destiné aux étudiants de G3 foresterie pour l'année académique 2008-2009, p(58).
- **Benachour K, Louadi K. et Terzo M , 2007** , Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera ; Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L var major) (fabaceae) en région de Constantine (Algérie), *Ann, Soc, Entomol, Fr*, (n.S), 43(2) : p 213-219.
- **Bentama, N et Boursas, S, 2016**, Etude de la variation chromosomique chez l’espèce *Vicia faba* L, Mémoire de Master, Université des frères Mentouri, Constantine, p 34-72.
- **Berger J, Abbo S et Turner N C, 2003**, Ecogeography of annual wild *Cicer* species : The poor state of the world collection, *Plant Genetic Resources*, *Crop Sci* , 43: 1076-1090.

Références bibliographiques

- **Bock B., 2009**, *Cicer arietinum L.* Tela Botanica, Base de données Nomenclaturale de la flore de la France, BDNFFV4.02. <http://www.tela-botanica.org>.
- **Bogatu C, Masu S, Lazarovici M ,2007**, Metals extraction from polluted soils by using of pillared zeolite and *Vicia sativa*.
- **Bouzerzour H, Abbas K, Benmahammed A, 2003**, Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et Pastorales, Recueil des Communications, Atelier N°3. «Biodiversité Importante pour l'Agriculture» MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31 : p 79.
- **Brink et Blay, 2006**, Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : céréales et légumes secs, Prota, Pays bas, pp. 221-223.
- **Bunyamin Tar'an, Pois chiche (en ligne), 2015 , disponible sur : < <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/pois-chiche> > , consulté le : 29/5/2020.**
- **Burt Austin et robert Trivers**, genes in conflict : the biologie of selfish genetic elements, the belknap press, London England, 2006, p 326.
- **Camatchou JPM, 2005**, B chromosomes, **In** : Gregry TR (ed) The evolution of the genome. Elsever, San Diego, p 223-286.
- **Cannon CP, Harrington RA, James S, Ardissino D, Becker RC, 2010**, Comparison of ticagrelor with clopidogrel in patients with a planned invasive strategy for acute coronary syndromes (PLATO): a randomised double-blind study.
- **Chaux et foury, 1994**, Production légumière: légumineuses potagères, légumes fruits, Lavoisier, Paris, p 4-8.
- **Cokkizgin et Shtaya, 2013** Lentil : Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation, Agricultural Science Volume 1, Issue 1. p 55-62.
- **Costa G E, Queiroz-Monici K, Reis S et Oliveira A C, 2006**, Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes, Food chemistry, 94: 327-330.
- **Cubero, J I, 1981**, Origin, domestication and evolution. **In** : C. Webb and G. C. Hawtin (Eds.), Lentils. Commonwealth Agricultural Bureau, Slough, UK. p 15-38.
- **Dajoz R, 2000**, éléments d'écologie .Ed. Bordas Paris, 5ème édition, p 540.
- **Duc G, 1997**, Faba bean (*Vicia faba L.*), Field Crops Res, 53 ,p 99-109.
- **FAO, 2006**, Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques, INRAA, FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture).

Références bibliographiques

- **Fareh Billel et Aidouni Khadidja Doria, 2015**, Etude comparative des caryotypes de deux espèces légumineuses : *Lens culinaris* Medik., et *Cicer arietinum* L, Mémoire de Master, Université des frères Mentouri, Constantine, p32.
- **Fu Q, Lau J L, Tal Z Y, Han N, Wu C, 2016**, Characterizations of bioaccumulations, subcellular distribution and chemical forms of cesium in *Brassica juncea*, and *Vicia faba*. *J Environ Radioact* 154:52–59
- **Gaffarzadeh-Namazi, L. R. Asghari-Zakaria, N et K Babaeian Kazemi-Tabar, 2007**, Etude comparative de la morphologie des chromosomes et Patterns C-bandes dans plusieurs génotypes de *Lens culinaris*, Pakistan, *Journal of Biological Sciences*, 10 : p 1811 -1816.
- **Gaid S, 2015**, La tolérance à salinité du pois chiche (*Cicer arietinum* L.), Mém, Ing, Bio, Univ, Oran, 64p.
- **Galasso I et Pignone D, 1992**, Characterization of chickpea chromosomes by banding techniques, *Genet, Res, Crop Evol*, 39 : p 115-119.
- **Galasso I T, Schimidt et D Pignone, 2001**, Identification of *Lens culinaris* sp. *Culinaris* chromosomes by physical mapping of repetitive DNA sequences, *Chromosome Res*, 9 : p 199-209.
- **Ghalloum et Merabti, 2016**, L'effet de la salinité sur la germination et la croissance de quatre variétés de pois chiche (*Cicer arietinum* L.), Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 ,Guelma,p 99.
- **Gianfranco Venora, Bruno Ocampo, K.B. Singh & Francesco Saccardo, 1995**, Karyotype of the kabuli-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) by image analysis system, *Caryologia*, 48:2, 147-155, DOI: 10.1080/00087114.1995.10797324.
- **Girard C, 1990** , La féverole, encyclopédique techniques agricoles, Partie production végétale : p 2213.
- **Goyoaga C, Burbano C, Cuadrado C, Romero R , Guillamo N E, Varela A, Pedrosa M M et Muzquiz M, 2011**, Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seeding growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of food composition and analysis* 24,391397.ijsk.org/uploads/3/1/1/7/.../1_germination_of_mexican_beans.pdf.
- **Haadad H et Annane I, 2015**, Caractérisation cytogénétique des deux espèces légumineuses (*Lens culinaris* Medik, *Vicia faba* L). *Biologie et Physiologie végétale*, constantine, Université des Frères Mentouri Constantine ,Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, , p36-59.

Références bibliographiques

- **Hammadi Hamida , Hammouda-Bousbia Dounia, Djeghar Radhia, 2018**, Distribution of Heterochromatic Variability in Several Genotypes of *Lens culinaris* Medik (ssp *Microsperma* and *Macrosperma*), International Journal of Science and Research (IJSR), ISSN (Online): 2319-7064, 2018, volume 7, p 1117.
- **Hammouda D et Khalfallah N, 2015**, Étude comparative de la caryomorphologie chez six génotypes du *Lens culinaris* Medik. European Scientific Journal, August Edition, Vol.11, No.24, p 214 - 225.
- **Hammouda D,2013**, Evolution et organisation du génome chez x-Triticosecale Wittmak. Thèse de Doctorat en Sciences, Génétique et Amélioration des Plantes, Université de Constantine1, Algérie, p114.
- **Hammouda et al.,2017**, Analyse génomique chez le triticales (8x) et leurs géniteurs (blé et seigle) par les techniques C-banding, N-banding et Hybridation in situ : Identification de la translocation 2BL/7RS, Journal of Applied Biosciences 116: p 11577-11589.
- **Hanelt P, 2001**, Lens Mill, In : P Hanelt (Ed.), Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops, Vol. 2. P: 849–852), *Lens culinaris* Medicus Vorl, Churpf. Phys.-Okon. Ges, 2, 361 (1787).
- **Hejazi SMH 2011**, Karyological study on three Cicer L. species (Fabaceae) in Iran, Asian J. Cell Biol. 6(3) : p 97-104.
- **Henderson E, 1995**, Telomere DNA structure. In : Blackburn, E.H., Greider, C.W. (Eds.) , Telomeres. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, P 11-34.
- **Hiremath PJ, Farmer A, Cannon SB, Woodward J, Kudapa H, Tuteja R, Kumar A, Bhanuprakash A, Mulaosmanovic B, Gujaria N, Krishnamurthy L, Gaur PM, Kavikishor PB, Shah T, Srinivasan R, Lohse M, Xiao Y, Town CD, Cook DR, May GD, Varshney RK, 2011**, Large-scale transcriptome analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.), an orphan legume crop of the semi-arid tropics of Asia and Africa, Plant Biotechnologie. ; 9:922931.
- **Houben, A, Nasuda, S, takaski, R**, Plant B Chromosomes, Chapter 5, 2011, p 97-111.
- **Jahier J, Chever A M, Eber F, Delourne R et Tanguy A M ,1992**, Techniques de la cytogénétique végétale, Ed, INRA, Paris, p 183.
- **Jonathan C. Laüb, 2007**, Localization and trascription of retrotransposant-derived element on the maize Bchromosomes, Chromosome Research 15 : p 383-398.
- **Jones R N, 2012**, B chromosomes in plants, Plant Biosystems, 146 (3): p 727-737.
- **Jones R.N and Rees H ,1982**,B chromosomes, Ed Academic Press, London and New York.

Références bibliographiques

- **Jones R.N., Viegas W., Houben A 2008**, A Century of B Chromosomes in plants – so what? *Annals of Botany*,101: 767-775.
- **Kafia Ait Allouache, El Moujahid**, Production de légumineuses alimentaires :Vers l'autosuffisance d'ici 2021 (en ligne) disponible sur : < <http://www.elmoudjahid.com/fr/actualites/119179>> (consulté le 3 juin 2020).
- **Kumar, S., Balyan, H.S., Ramesh, B., Singh, S.P. Gupta, P.K.** A study of nucleolar organizers in lentil using Fish and spore quartet analysis. *Cytologia*,2001,66,247-252.
- **Kumar, S., Gupta, P.K.** Pachytene chromosomes in lentil. *LENS News Lett*,1997, 2,4,30-34.
- **Kutarekar D R et Wanjari K B, 1983**, Karyomorphological studies in some of the varieties of bengal gram (*Cicer arietinum* L.), *Cytologia*, p 48, 699-705.
- **Ladizinsky G , Braun D, Goshen D , Muehlbauer FJ,1984**, The biological species of the genus *Lens* L, *Botanical Gazette*, 154 : p 253-261.
- **Lardone AV, Justo C, Barraco MR, Scianca CM, Miranda WR, 2013**, Especies de cultivos de cobertura como antecesoros de maíz tardío y soja, Memoria técnica, Estación Experimental Agropecuaria General Villegas.
- **Laumonnier, 1979**, Cultures légumières et maraîchères, Tome III, Ed.J.B. BAILLIERE, p 276.
- **Lazali, M, 2014**, Etude des mécanismes agrophysiologiques et moléculaires d'adaptation à la déficience en phosphore chez la symbiose rhizobienne du haricot (*Phaseolus vulgaris* L), Thèse Doctorat en sciences agronomiques, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, p152.
- **Levan A et Freda K, 1964**, Secondary associantion between genetically equivalent bivalents, *Hereditas*, 52, 201-220.
- **Maria Teruel, Josefa Cabrero, et Framisco Perfectti, 2009**, In order to increase the knowledge of molecular content.
- **Mathon, 1985**, Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication, Faculté des sciences de l'université de Poitier. p 17.
- **Mc Vicar R, Mc Call P, Brenzil C, Hartley S, Panchuk K, Mooleki P A et Banniza S ,2010**, Lentils in : Saskatchewan, Fact Sheet, Saskatchewan Ministry of Agriculture.
- **Mercy S. T, Kakar S. N et Chowdhury J. B, 1974**, Cytological studies in three species of the genus *Cicer*, *Cytologia*, 39, 383-390.

Références bibliographiques

- **Meriane Djamila**, Etude biologique et phytochimique de *Calobota saharae* (Coss. & Dur.) Boatwr. & B.E. van Wyk, Sétif. Université Ferhat Abbas Sétif 1, 2018, p 6-7.
- **Mukherjee S et Sharma AK, 1987**, Structure and behaviour of chromosomes in the strains of *Cicer arietium* L, *Cytologia* 52: 707-713.
- **Nuessly GS, Hentz MG, Beiriger R, Scully BT , 2004**, Insects associated with Faba bean, *vicia faba* (fabales, fabaceae), in southern Florida entomologist, 87(2):204-211.
- **Obaton, 1980**, Activité nitrate réductase et nitrogénase en relation avec la photosynthèse et les facteurs de l'environnement. Bulltin ASF, p 55-60.
- **Ocampo B, Venora G, Ericco A, Singh KB and Saccardo F , 1992**, Karyotype analysis in the genus *Cicer*. *J Genet, Breed*, 46: 229-240.
- **Ohri D, Ahuja MR ,1991**, Giemsa C-banding in *Fagus sylvatica* L, *Betula pendula* Roth and *Populus tremula* L, *Silvae Genetica* 40: 72- 5
- **Péron, 2006** , Références, Production légumières, 2ème Ed, 613 p.
- **Radwan SS, Dashti N, El-Nemr IM ,2005**, Enhancing the growth of *Vicia faba* plants by microbial inoculation to improve their phytoremediation potential for oily desert areas, *Int J Phytoremediation* 7:19–32.
- **Raziuddin H., Ahmad H.,Altaf C.M.,Hanan F , 1990**, Investigation on the karyotype of lentil.Sarhad J , *Aric.*,6:261-264.
- **Rémond Didier, Walrand Stéphane**, Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé, *Innovations Agronomiques*, INRA, 2017 ,60.
- **Renzi JP, Chantre GR, Cantamutto MA ,2014**, Development of a thermal-time model for combinational dormancy release of hairy vetch (*Vicia villosa* ssp. *villosa*). *Crop and Pasture Science* 65:470–478.
- **Renzi JP, Chantre GR, Cantamutto MA, 2016**, Self-regeneration of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) as affected by seedling density and soil tillage method in a semi-arid agroecosystem, *John Wiley & Sons Ltd, Grass and Forage Sci* 72:524–533.
- **Richard Guy-Franck , Alix Kerrest et Bernard Dujon**, Comparative genomics and molecular dynamics of DNA repeats in eukaryotes , *Microbiol, Mol, Biol, Rev*, vol. 72, n° 4, 2008, p : 686–727.
- **Rochester, I.J, Peoples, M.B, Hulugalle, N.R, Gault, R.R., and Constable, G.A,** 2001, Using legume to enhance nitrogen fertility and improve soil condition in cotton cropping systems, *Field crop Res*, 70: 27-41.

Références bibliographiques

- **Rugheim, A.M.E et M.E Abdelgani,2012**, Effect of microbial and chemical fertilization on yield and seed quality of faba bean (*Vicia faba*), Int food res J, 19 (2) : 417-422.
- **Sabrina Ibañez ,Wevar Oller AL, Paisio CE, Sosa Alderete LG, González PS, Medina MI, Agostini E ,2018**, The challenges of remediating metals using phytotechnologies, In : Donatti E (ed) Heavy metals in the environment, microorganisms and bioremediation, CRC Press, Taylor et Francis, p 173–195.
- **Sadee BA, Foulkes ME, Hill SJ ,2016**, A study of arsenic speciation in soil, irrigation water and plant tissue : a case study of the broad bean plant, *Vicia faba*, Food Chem 210:362–370.
- **Saskatchewan, 2000** Pulse Growers, Pulses nutritional value and their role in the feed industry.
- **Saskatchewan, 2002**, Lentil in Saskatchewan, Saskatchewan Agriculture and Food, Regina.
- **Schlegel, R., Gill, B.S.** N-banding analysis of Rye chromosomes and the relation between N-banded and C-banded heterochromatin , Can. J. Genet, Cytol,1984, 26, 765-769.
- **Sehirali S, 1988**, Grain legume crops, Ankara University, Faculty of Agricultural Engineering, Ankara, Turkey 1089 (314), P: 435.
- **Shafique-UR-Rehman and Ch.Muhammad Altaf**, Received for Publication **24 March 1992** .
- **Shahid M, Pinelli E, Pourrut B, Dumat C ,2014**, Effect of organic ligands on lead-induced oxidative damage and enhanced antioxidant defense in the leaves of *Vicia faba* plants, J Geochemical Exploration 144:282–289.
- **Sharma PC et Gupta P K, 1983**, Cytological studies in the genus *Cicer* L. In: Proceedings of the XV International Congress of Genetics, New Delhi, 12—21 Dec. 1983. Oxford and IBH Publishing Company, New Delhi, India, Abstract No. 1257.
- **Sharma PC et Gupta PK 1986**, Cytogenetics of legume genera *Cicer* L, and *Lens* L, In: genetics and crop improvement, Gupta PK and Bahl JR (Eds.), Rastogi and Co, Meerut, India, p 321-340.
- **Sierra M, Millán R, Esteban E, Cardona A, Schmid T, 2008**, Evaluation of mercury uptake and distribution in *Vicia sativa* L. applying two different study scales: greenhouse conditions and lysimeter experiments. J Geochem Explor 96:203–209.

Références bibliographiques

- **Siljak yakovlov S et Cartier D, 1986**, Hétérochromatin patterns in some taxa of crepispraemorsa complex, Caryologia, 39:27-32.
- **Sindhu J.S.,Slinkard A.E, Scoles G.J 1984**, Karyotypic analysis of *lens culinaris orientalis*(boiss),Cytologia,49:151-155.
- **Sinha S.S.N and Singh V.K 1982**,Karyotype analysis in some varieties of lentil ,Genetica Iberica, 3:15-35.
- **Slinkard A.E 1985**, Cytology and Cytogenetics of lentil Lens NEWS Lett,12:1-10.
- **Srivastava S, Mishra S, Dwivedi S, Baghel VS, Verma S, Tandon PK, Rai UN, Tripathi RD, 2005**,Nickel phytoremediation potential of broad bean, *Vicia faba* L, and ts biochemical responses, Bull Environ Contam Toxicol 74:715–724.
- **Statista**, Évolution de la production de légumes secs en Algérie entre 2016 et 2017, par type de légume (en ligne) disponible sur :< <https://fr.statista.com/statistiques/990929/production-totale-de-legumes-secs-par-type-algerie/>> (consulté le 3 juin 2020).
- **Stebbin G L, 1971**, Chromosomal Evolution in Higher Plants. Addison Wesley Publishing Co,CA, USA.
- **Stebbins GL**, Regularities of transformation in the flower, V.11, N°01,(March 1957), 106-108.
- **Tayyar RI, Lukaszewski AJ and Waines JG 1994**, Chromosome banding patterns in the annual species of *Cicer*. Genome 37: p 656-663.
- **The Plant List ,2013**, Version 1.1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st January).
- **Thomé OW, 1885**, Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz Gera, Germany.
- **Thudi Mahendar., Spurthi N. Nayak, Nicy Varghese, Trushar M. Shah,2011** ;Affiliation: Grain LegumesResearch Program, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Hyderabad, India.
- **Trenton R, CarrieO, Kelsey H,HannahW, Tyler D, 2018**, Understanding cover crops, Agriculture and Natural Resources FS2156.
- **Varshney, R. K., Gaur, P. M., Chamarthi, S. K., Krishnamurthy, L., Tripathi, S., Kashiwagi, J., Samineni, S., Singh, V. K., Thudi, M., and Jaganathan, D., 2013**, Fast-track introgression of QTL-hotspotl for root traits and other drought tolerance traits in JG 11, an elite and leading variety of chickpea, Plant Gen, DOI:10.3835/plantgenome2013.07.0022.

Références bibliographiques

- **Wiesmeier M, Lungu M, Hübner R, Cerbari V , 2015**, Remediation of degraded arable steppe soils in Moldova using vetch as green manure, *Solid Earth* 6:609–620.
- **Wojciechowski M F, Lavin M et Sanderson MJ, 2004**, A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *matK* gene resolves many wellsupported sub clades within the family. *Am.J.Bot.*91(11):1846-1862.
- **Yahara T, Javadi F, Onado Y, Paganucci De Queiroz L, Faith DP, Prado DE, et al., 2013**, Global legume diversity assessment: Concept, key indicators, and strategies. *Taxon* 62(2): 249-266.
- **Zaidi A et Mahiout B, 2012**, Voyage au coeur des aliments, P 200.
- **Zerihun, 2006**, Symbiotic and phenotypic diversity of *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* isolates (*Vicia faba*) from Northern Gondar, Ethiopia, An MSc Thesis, School of Graduate Studies, Addis Ababa University, Addis Ababa, p 73.
- **Zohary Daniel, Maria Hopf, Ehud Weiss,2012**, Domestication of plants in the old world ,4^{ème} Édition,united states,oxford university press inc, , p 77- 87-89.

Etude comparative caryo-morphologique de trois espèces légumineuses alimentaires : *Vicia faba* L, *Lens culinaris* Medik et *Cicer arietinum* L.

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

Résumé :

Nos travaux de recherche se rapportent à des questions relatives aux ressources génétiques de quelques espèces cultivées légumineuses alimentaires (*Vicia faba*, *Lens culinaris*, *Cicer arietinum*), et ceci à travers l'organisation du génome en relation avec les mécanismes de la sélection, par le biais des approches cytogénétiques. Dans ce contexte, nous démarrons nos travaux par une étude cytogénétique classique dans le but de déterminer le nombre de base et d'identifier et caractériser les chromosomes des génotypes de chaque espèce.

Les résultats obtenus montrent les types de formes caryo-morphologiques à travers l'établissement des caryotypes. Une analyse comparative intra et interspécifique, nous a permis de faire la distinction entre eux : $2n=2x=12$ ou 14 pour *Vicia faba* L, $2n=2x=14$ pour *Lens culinaris* Medik et $2n=2x=16$ pour *Cicer arietinum* L, leurs caryotypes sont symétriques : 6 ou 5 paires chromosomiques acrocentriques et une paire métacentrique, 3 paires chromosomiques submétacentriques et 4 paires chromosomiques métacentriques, 4 paires chromosomiques submétacentriques et 4 autres paires chromosomiques métacentriques, respectivement.

Egalement, les satellites sont présents chez les trois espèces étudiées ; on trouve aussi la constriction secondaire ainsi que les chromosomes B, sauf pour le pois chiche ces deux derniers sont absents. Nous déduisons que les génotypes portant les satellites et les chromosomes B sont mieux adaptés aux conditions climatiques défavorables.

Mots clés : Légumineuses, Caryotypes, Nombre de base, Satellites, Chromosome B, Constriction secondaire.

Laboratoire de recherche : Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale (GBBV), Université Frères Mentouri (Constantine 1).

Jury d'évaluation :

Présidente : Melle. BOUCHEMAL Karima (MAB - UFM Constantine).

Encadrant : Mme. HAMMOUDA BOUSBIA Dounia (MCA - UFM Constantine).

Examinatrice : Mme. KACEM Nadia Sandra (MCB - UFM Constantine).

Date de soutenance : 07/07/2020