



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques

Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

Estimation du taux d'allogamie chez *Vicia faba L.* en conditions environnementales marocaines

Présenté et soutenu publiquement
par :

ELOUAZIZI Oumaima

Encadré par :

-Mr. FATEMI Zain EL Abidine

-Mme. SQALLI HOUSSAINI Hakima

-Mme. CHETTO Oumaima

Soutenu le : 07/07/2021

Devant le jury composé de :

Mr. FATEMI Zain EL Abidine

Mme. SQALLI HOUSSAINI Hakima

Mr. AMRANI JOUTEI KHALID

Mme. CHETTO Oumaima

Année universitaire

2020/2021

Dédicace

À mes parents

Il n'y a pas assez de mots pour décrire à quel point je vous suis reconnaissant. Vous m'avez tous les deux beaucoup appris et vos leçons sont et seront toujours les clés de mes exploits. Vous êtes les vrais héros et sans votre support incontestable je ne serai arrivé jusqu'ici. Puisse Allah vous bénir et vous protéger.

À ma tante

Votre soutien n'est pas du négligé, tu es toujours à l'écoute et toujours disponible à mes côtés. Je suis heureux et fier de vous avoir comme tante.

À mes sœurs Fatiha et Nouhaila

À mes cousines Khadija, Amal, Ibtissam, Lamiae et kenza.

À mon cousin Mouhamed

Pour l'amour qu'elles me réservent, pour leur soutiens, encouragement en vous souhaitant un avenir plein de succès et de bonheur.

À Tous les amis et spécialement pour Chaymae, Fatima Z et Myriam

*Pour tous les bons moments que nous avons partagés ensemble.
Merci d'exister.*

À vous tous

Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond respect et de toute ma gratitude.

Remerciement

Ce stage n'a pas été possible que du fait de personnes qui y ont aimablement consacré leur temps.

Mes remerciements vont à mes deux encadrants de stage, **Mr. Fatemi Zain El Abidine**, Chercheur et ingénieur en agronomie à l'INRA, qui m'a donné chaque fois ses précieuses informations. Pour leurs conseils, ses remarques qui ont été très instructifs et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce projet de fin d'étude. **Madame Oumaima Chetto**, Chercheuse et ingénieure en agronomie à l'INRA, pour faciliter la compréhension du sujet, pour sa patience et son aide pendant la phase de stage. Ils méritent mon profond respect.

Je remercie **Madame SQALLI HOUSSAINI Hakima**, Professeure à la faculté des sciences et techniques de Fès, pour ses corrections, orientations, conseils précieux et sa disponibilité au cours de son encadrement pour bien réaliser mon projet de fin d'étude.

Je voudrais aussi bien exprimer mes sincères remerciements au professeur, **Monsieur AMRANI JOUTEI khalid** qui a accepté de lire et juger mon travail.

Mes remerciements vont aussi aux enseignants qui nous ont aidés de la filière de Biotechnologie et valorisation des phyto-ressources.

En fin, merci à tous ceux qui ont rendu possible ce travail, et même s'ils ne se retrouvent pas dans cette petite liste. Ils sont dans mes pensées.

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 1	Origine et centre de diversité de <i>Vicia faba</i> L.	3
Figure 2	Classification de <i>Vicia faba</i> L.	3
Figure 3	Fleur visitée par une abeille (A) ou un bourdon (B).	8
Figure 4	Précipitations en mm au niveau du domaine Expérimental de Douyet durant la campagne agricole 2020-2021.	9
Figure 5	Graines de la fève (Reina Mora) et le féverole (<i>Zina</i>).	10
Figure 6	Dispositif expérimental des trois différentes parcelles.	10
Figure 7	Images de trois répétitions étudiées.	11
Figure 8	Formes de folioles utilisées par les descripteurs (IBPGR et ICARDA, 1985).	13
Figure 9	Couleur de tégument : Beige(a), violet(b), noir(c) et vert(d).	13
Figure 10	Hile noir (c et d) et hile blanc (a et c).	13
Figure 11	Pied à coulisse utilisé, montrant les parties mesurées de la fève.	14
Figure 12	Forme de la feuille dans les deux variétés. (A) forme oblongue de Reina Mora. (B) forme obovale chez Zina.	16
Figure 13	Angle pendante de la gousse, couleur de la tige et la gousse noir chez Rena Mora (A). Angle érigée de la gousse, couleur de la tige et la gousse noir chez Zina (B).	16
Figure 14	Couleur du tégument chez Reina Mora et Zina.	16
Figure 15	Sphéricité, diamètre géométrique et surface chez F1 de Rena Mora comparées à la moyenne des graines parentales.	18
Figure 16	Graines issues d'allogamie chez les plantes 5 et 12 de Reina Mora.	21

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1	Critères de distinction entre trois variétés de <i>vicia faba L.</i>	3
Tableau 2	Composition nutritionnelle de quelques graines de légumineuses, par rapport à des éléments de références (féculent, viande, lait).	6
Tableau 3	Liste des descripteurs quantitatif et qualitatif de <i>Vicia faba L.</i> (IBPGR et ICARDA, 1985).	12
Tableau 4	Liste montrant les différences et les points communs entre les deux variétés.	15
Tableau 5	Liste des caractères quantitatifs chez Zina et Rena Mora.	17
Tableau 6	Graines ayant une sphéricité supérieure à 70%.	19
Tableau 7	Graines ayant la surface et le diamètre géométrique inférieur à la moyenne des parents.	20

<i>Sommaire</i>	Page
INTRODUCTION GENERALE	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. ORIGINE ET TAXONOMIE DE LA FEVE	2
1- Origine de la fève	2
2- Systématique et classification de la fève	2
II. CARACTERISTIQUES BOTANIQUE DE <i>VICIA FABAL</i>	4
1- Description botanique de la fève	4
2- Cycle biologique de la fève	5
III. PRODUCTION DE LA FEVE AU NIVEAU MONDIAL	5
IV. INTERET DE LA FEVE	5
1- Intérêt agronomique	5
2- Intérêt alimentaire	5
V. CONTRAINTES À LA PRODUCTION DE LA FEVE	6
1- Contraints abiotiques	6
2- Contraints biotiques	6
VI. MODE DE REPRODUCTION CHEZ <i>VICIA FABAL</i> .	7
1- Type de reproduction	7
2- Pollinisation chez <i>Vicia faba L.</i>	7
MATRIEL ET METHODES	
I. OBJECTIF DE TRAVAIL	9
II. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	9
1- Présentation du site expérimental de l'INRA	9
2- Matériel végétale	10
3- Dispositif expérimental	10
4- Observation et notation	11
RESULTATS ET DISCUSION	
I. ANALYSE DES CARACTERES AGRO-MORPHOLOGIQUES QUALITATIFS DES PARENTS	15
II. ANALYSE DES CARACTERES AGRO-MORPHOLOGIQUES QUANTITATIFS DES PARENTS	15
III. RESULTAT D'ESTI MATION DU TAUX D'ALLOGAMIE CHEZ LA PREMIERE DESCENDANCE	17
1- Comptage des événements de croisement chez Zina F1	17
2- Mesure de la taille et de la forme de l'ensemble des graines Reina Mora F1	17
CONCLUSION GENERALE	22
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	23

Présentation de l'institut

L'institution National de la recherche agronomique (INRA) du Maroc est un établissement public dont les origines remontent à 1914 avec la création officielle des premiers services de recherche agricole (INRA, 2018).

L'INRA opère à travers dix centres régionaux de la recherche agronomique et 23 domaines expérimentaux répartis sur le territoire national et couvrant les divers agrosystèmes du pays. Les projets de recherche de l'INRA sont définis avec la participation des partenaires, des clients et des prescripteurs régionaux. Ils sont menés au sein de trente unités de recherche hébergés par les Centres Régionaux. Ils sont encadrés à l'échelle centrale par dix départements scientifiques à vocation disciplinaire.

Le domaine expérimental de Douyet est situé dans la plaine du Sais, à une altitude de 416m, à la latitude 34 ° 04 N et la longitude 5 ° 07 W. Le sol au niveau de Domaine est de nature argilocalcaire, très fertile et bien profond. Le domaine se caractérise par une pluviométrie moyenne de 510 mm (sur 40 ans), avec un maximum de 1006 mm en 1962-1963 et un minimum de 203 mm enregistré en 1992-1993. Les températures au niveau du domaine sont de type méditerranéen (hivers froids et étés chauds et secs, avec une température journalière maximale de 46 °C, une température journalière minimale de -5 °C et une température oscillante entre 10 et 27 °C).

Le Domaine expérimental de Douyet, qui est un support aux programmes de recherche de l'INRA, a pour objectifs : la création de nouvelles variétés performantes, la recherche de meilleures techniques de production, la production et la multiplication des semences, et le conditionnement et le traitement des semences. Il a connu dernièrement une réorganisation structurelle visant la modernisation de son processus de gestion.

La finalité de la nouvelle organisation est de doter l'institution d'une :

- Planification stratégique adéquate pour renforcer les capacités prospectives d'adaptation, de réaction et d'anticipation de la demande sociale de recherche agronomique.
- Politique de proximité en se basant sur la régionalisation et la déconcentration de la recherche.
- Système intégré de suivi, d'évaluation et de contrôle.

INTRODUCTION GENERALE

La fève *Vicia faba* L. occupe le septième rang en termes de production mondiale des légumineuses. Elle est largement cultivée pour ses atouts nutritionnels aussi bien pour l'humain que pour l'animal (Oliveira et al., 2016). Elle est réputée être capable de pousser dans diverses régions du monde, y compris l'Éthiopie ; deuxième plus grand producteur après la Chine (Biruk, 2009). Cette légumineuse joue un rôle important dans l'amélioration de la productivité du sol, d'une part grâce à sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique, et d'autre part, en raison de dans les systèmes de rotations. De ce fait, elle est considérée comme étant une réponse à la pauvre fertilité du sol ainsi qu'une sorte d'interruption des cycles de maladies. (Barri et Shtaya, 2013).

Au Maroc, la fève est parmi les principales légumineuses alimentaires. Elle occupe 43% de la superficie emblavée en légumineuses alimentaires (Fatemi et al., 2005). Elle est suivie du pois chiche (19%), de la lentille (14%) et du pois (9%) (FAOSTAT, 2019). Sa production se trouve concentrée dans la zone centre-nord à savoir Taounate, Taza et Fès. Le Maroc produit annuellement 152 000 t de fève, fluctuant entre un maximum de 345 000 t récolté en 1974 et un minimum de 16 000 t obtenu en 1993. Le rendement moyen obtenu est très faible (820 kg/ha) oscillant entre 1 520 kg/ha en 1974 et 180 kg/ha en 1993 (Fatemi, 1996).

La fève est caractérisée par un mode de reproduction partiellement allogame (Fatemi et al 2005). Par ailleurs, ce taux est assez considérable et variable. Il varie de 4 à 80% avec une moyenne de 30 à 40% (Pond et Poulsen, 1983). Cette grande différence est liée à des facteurs génétiques et environnementaux, notamment l'abondance des pollinisateurs dans la zone étudiée (Suso et Moreno, 1999). Les caractères morphologiques à hérédité mendélienne simple peuvent être utilisés comme des marqueurs phénotypiques. Parmi ceux-ci, la couleur du tégument de la graine (Picard, 1963).

Le présent travail a pour objectif l'évaluation du taux d'allogamie chez *Vicia faba* L. Ceci en conditions marocaines naturelles moyennant deux variétés de fève et de féverole, inscrites au Catalogue officiel, à savoir, Rena Mora et Zina respectivement. Ce travail est réalisé au sein de Domaine Expérimentale Douyet du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès. Une description agro morphologiques des plantes parentales et une estimation du taux d'allogamie moyennant les graines de la descendance F1 sont recherchées.

REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. ORIGINE ET TAXONOMIE DE LA FEVE

1- ORIGINE DE LA FEVE

La fève est parmi les légumes les plus anciens, cultivés dans le monde. D'après Mathon (1985), la domestication de la culture de la fève a eu lieu entre 7.000 et 4.000 ans avant J.C. selon Motel (1972), la fève a été domestiquée pour la première fois dans l'Asie de l'ouest. D'après Cubero, (1974), la fève est originaire des régions méditerranéennes, du Poche Orient et à partir de ce centre d'origine, elle s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil jusqu'à l'Ethiopie et la Mésopotamie, vers l'Inde avec l'apparition de deux centres secondaires de diversité : l'Afghanistan et l'Ethiopie.

Le centre d'origine de la fève reste incertain et aucune région ne peut être considérée comme son origine. Sa forme ancestrale est encore inconnue car aucun ancêtre sauvage n'a été trouvé, et tous les rapprochements taxonomiques tentés avec *Vicia narbonnensis* et *Vicia galilea* en particulier, se sont heurtés aux incompatibilités. (Bond et Poulsen, 1983).

2- SYSTEMATIQUE ET CLASSIFICATION DE LA FEVE

D'après Anonyme, (1985) et Dajoz, (2000), la fève est classée comme suit :

- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous classe : Dialypétales
- Ordre : Rosales
- Famille : Fabacées
- Sous-famille : Papilionacées
- Genre : *Vicia*
- Espèce : *Vicia faba* L.

Vicia faba L. est une plante diploïde ($2n = 2x = 12$) qui appartient à la famille des fabacées. La classification interspécifique de *V. faba* L. est basée principalement sur la taille de la graine. Selon Muratova (1931), il existe deux sous-espèces : *paucijga* et *eu-faba*. Dans le groupe *eu-faba*, on distingue trois variétés botaniques (*major*, *minor* et *équina*) (Figure 2) La taille et la forme des grains ainsi que la taille, la forme et le port des gousses sur la tige, représentent des critères de base dans la classification de l'ensemble des groupes, sous-espèces, variétés et sous-variétés de *V. faba* L. (Tableau 1).

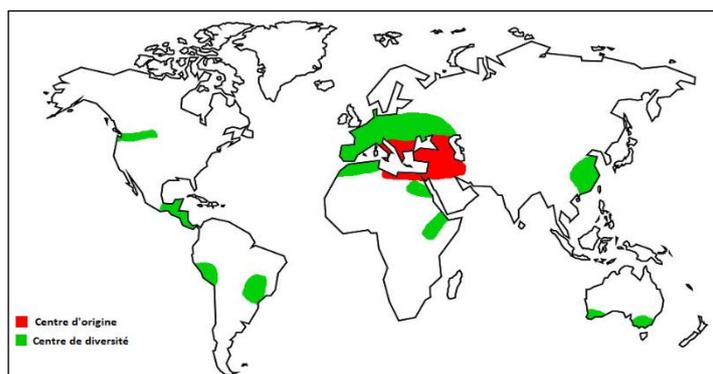


Figure 1 : Origine et centres de diversité de *Vicia faba* L.

(www.s10.lite.msu.edu/res/msu/botonl/b_online/schaugarten/Viciafabal/Broad_Bean.html)

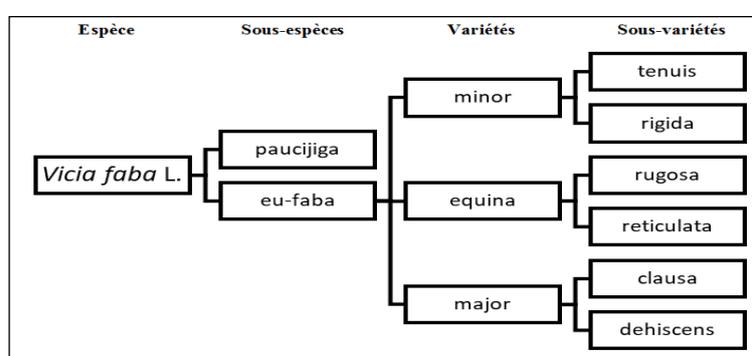


Figure 2 : Classification de *Vicia faba* L. (Le Guen et Duc, 1996).

Tableau 1: Critères de distinction entre trois variétés de *Vicia faba* L. (Guignard, 1989)

Variétés	minor	equina	major
Taille de graines	Petits (P ₁₀₀₀ grains < 1000 g)	Moyens (P ₁₀₀₀ grains entre 1000 et 1500g)	Gros ou très gros (P ₁₀₀₀ > 1500g)
Forme de grains	Graines ovoïdes, réguliers et lisse	Graines présentant une dépression latérale des cotylédones	Grains larges et plats
Taille des gousses	Gousses courtes (Nbre d'ovule : 2 à 3)	Gousse plus longues (Nbre d'ovules : 3 à 4)	Gousses très longues (Nbre d'ovules : 8 à 13)
Forme des gousses	Cylindrique	Plus aplatie	Aplatie souvent recourbée en sabre
Port des gousses sur les tiges	Port érigé sur les tiges	Généralement semi érigé ou à port horizontale	Retombantes et trainant généralement à terre

II. CARACTERISTIQUES BOTANIQUE DE *VICIA FABA L.*

1- DESCRIPTION BOTANIQUE DE LA FEVE

La fève est une plante annuelle, herbacée érigée et vigoureuse. Diploïde ($2n = 12$ chromosomes) et partiellement allogame (Wang et *al.*, 2012). Elle est constituée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur. Cette plante est caractérisée par une croissance indéterminée, cela montre qu'elle n'est pas limitée par une fleur au sommet. Ce critère est naturel chez la fève. Cependant, d'autres types de *Vicia faba L.* à croissance déterminée ont été obtenus par mutagenèse provoquée (Sjodin, 1971).

Les principaux organes de *Vicia faba L.* sont :

- **Racine** : il s'agit d'une racine principale pivotante et des racines secondaires portant des nodosités (nodules blanchâtre) 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 en profondeur. Les nodosités sont abondantes dans les 30 premiers centimètres (Duc, 1997).
- **Tiges** : selon Peron (2006), la tige de la fève est simple, dressée, creuse et de section carrée, sans ramification et d'une hauteur à plus d'un mètre. Le Guen et Duc (1996) déclarent qu'à la base de la tige il y a présence de 5 à 10 nœuds puis un nombre variable de 7 à 25 de nœuds. Le bourgeon terminal est végétatif.
- **Feuilles** : d'après Le Guen et Duc (1996), elles sont alternes, composées et pennées, d'une couleur vert-glaucue ou grisâtre. Elles sont accompagnées de deux larges stipules bien visibles en forme dentée.
- **Fleurs** : d'après Le Guen et Duc (1996), les fleurs classiques des légumineuses sont portées aux aisselles des nœuds reproducteurs, en grappes de deux à 12 selon le type. Elles sont colorées par deux pigments ; la mélanine et les anthocyanes. Les fruits sont des gousses, contenant, selon le type, de trois à 12 grains. Ces derniers sont charnus, de couleur vert tendre à l'état immature, puis à la maturation complète, le tégument épais et coriace prend des couleurs ; brun rouge à blanc verdâtre. Le grain prend une forme aplatie à contour presque circulaire réniforme. En outre, les graines possèdent un hile clair ou noir (Duc, 1997).

2- CYCLE BIOLOGIQUE DE LA FEVE

La fève est une légumineuse annuelle très rapide de culture. Son cycle complet, de la graine à la graine, est d'environ 5 mois (Brink et Belay, 2006). On distingue 5 principaux stades de développement chez la fève :

- Germination et levée ;
- Développement végétatif ;
- Développement reproductif ;
- Sénescence de la gousse ;
- Sénescence de la tige.

III. PRODUCTION DE LA FEVE AU NIVEAU MONDIAL

Parmi les légumineuses à grains cultivées, la fève se classe au sixième rang mondial. En termes de production, une valeur de 4,5 Millions de tonnes provenant de 2,5 Millions hectares est annoncée en 2019 (<http://faostat.fao.org>)(FAOSTAT,2020). Le haricot commun occupe le premier rang en termes de production, suivi du pois fourrager, du pois chiche, du niébé et de la lentille. La superficie occupée par la fève dépasse celle de toutes les autres espèces de son type. De ce fait, la fève est considérée l'une des premières cultures domestiques au moyen-Orient (Caracuta et Barzilai, 2015).

IV. INTERET DE LA FEVE

1- INTERET AGRONOMIQUE

La fève, entre autres, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants et a une incidence positive sur les performances des cultures du cycle suivant, notamment le blé (Khaldi *et al.*, 2002). En effet, la fève est capable de fixer l'azote gazeux présent dans l'atmosphère grâce à une association symbiotique avec des bactéries appelées *Rhizobia*. Par conséquent, des nodules se forment et au sien de ces dernières, la plante fournit les substrats énergétiques carbonés nécessaires à *Rhizobia* qui en retour fournit de l'azote sous forme d'ammoniac directement utilisable dans le flux métabolique de la plante (Sadowsky et Graham, 2006).

2- INTERET ALIMENTAIRE

La fève (*Vicia faba L.*) appartient à la famille des légumineuses à graines, la plus utilisée dans les régimes alimentaires des humains et des animaux (Goyoaga *et al.*, 2011).

La principale caractéristique des graines des légumineuses est leurs teneurs élevés en protéines (Rémond et Walrand, 2017) (Tableau 2). Elle est aussi considérée comme une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (surtout le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le fer, le zinc et le cuivre) (Gordon, 2004).

Tableau 2 : Composition nutritionnelle de quelques graines de légumineuses, par rapport à des éléments de références (féculent, viande, lait). (USDA, 2017).

	Pour 100g	Energie Kcal	Protéines g	Lipides g	Glucides g	Fibres g	Fer g	Zinc g	Calcium g
Fève	Sec	341	26,1	1,5	58,3	25	6,70	3,14	103
	Cuit	110	7,6	0,4	19,7	5,4	1,50	1,01	36
Pois chiche	Sec	378	20,5	6	63,0	12,2	4,31	2,76	57
	Cuit	164	20,5	2,6	27,4	7,6	2,89	1,53	49
Viande (bifteck)	Cuit	142	26,4	4,1	–	–	2,90	5,60	–
Lait entier (1 Verre)	25 Cl	157	8,1	8,4	12,3	–	0,07	0,95	292

V. CONTRAINTES À LA PRODUCTION DE LA FEVE

1- CONTRAINTES ABIOTIQUES

La sécheresse est considérée comme étant le stress abiotique le plus important pour *Vicia faba L.* En outre, les fortes chaleurs provoquent un arrêt de croissance, chlorose et peuvent causer le flétrissement de la culture et l'obtention de grains de mauvaise qualité (El Bouhamdi et Sadiki, 2002). Par ailleurs, les basses températures conduisent à la formation de cristaux de glace dans les espaces intercellulaires des tissus. Par conséquent, les cellules végétales se déshydratent (Link *et al.*, 2010).

2- CONTRAINTES BIOTIQUES

L'orobanche a une influence non négligeable sur la culture de la fève causant une chute de rendement pouvant atteindre 100%. D'autre part, les maladies cryptogamiques ; la maladie de tache chocolatée (*Botrytis fabae*), l'antracnose (*Ascochyta faba*) et la rouille

(*Uromyces fabae*) (Mabsoute, 1988) sont responsables d'une grande partie des dégâts subis par la plante. Les nématodes, en particulier, la race géante du nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci*) causent des baisses très importantes du rendement de cette culture (Abbad Andaloussi et Bachikhi, 1996).

VI. MODE DE REPRODUCTION CHEZ *VICIA FABA L.*

1- TYPE DE REPRODUCTION

La fève est caractérisée par un type de reproduction partiellement allogame (l'ovule est fécondé par du pollen en provenance d'une autre plante). En d'autre terme, le mode de reproduction de la fève est intermédiaire entre l'autogamie (l'ovule est fécondé par du pollen de même individu) et l'allogamie (Fatemi *et al.*, 2005).

Ses pollinisateurs sont des abeilles domestiques (*Apis mellifera*), des bourdons (*Bombus sp.*) et diverses abeilles solitaires (Stoddard & Bond, 1983 ; Bond & Kirby 1999). Ces insectes interviennent principalement comme vecteurs de pollen entre fleurs des mêmes plantes ou entre fleurs de plantes différentes (Fatemi *et al.*, 2005).

Le taux moyen d'allogamie varie de 4 à 84 %, avec une moyenne de 35 %. Ce taux dépend du génotype, de l'environnement agissant sur l'activité des insectes pollinisateurs, de l'ouverture des fleurs, de l'auto fertilité et des méthodes utilisées pour l'estimation (Sadiki et Lazrak, 1998).

2- POLLINISATION CHEZ *VICIA FABA L.*

2-1- Présentation de certains pollinisateurs chez *Vicia faba L.*

- **Abeille mellifère :** (abeille domestique) est un pollinisateur originaire d'Asie, d'Afrique et d'Europe. Plus de 20 races géographiques ont été reconnues pour cette abeille (Chagnon, 2008). Ces abeilles mellifères (Figure 3) sont très développées et en raison de leur organisation en colonies, elles peuvent récolter des dizaines de kilogrammes de pollen par année (Buchmann, 1996).
- **Abeilles solitaires :** Ces abeilles sont représentées par des femelles fertiles habitant dans un nid qu'elles construisent elles- même (Chagnon, 2008).
- **Bourdons :** Ces bourdons sont différents de point de vue morphologie et comportement par rapport aux autres pollinisateurs (Figure 3). D'une part, ils sont plus gros et velus que les autres espèces. D'autre part, lors de leur visite aux fleurs, ils font vibrer les muscles de leurs ailes pour empêcher la libération du pollen des anthères. Ce processus est appelé buzz pollinisation (Chagnon, 2008).

Il y a environ plus de 300 000 colonies utilisées dans les serres en Europe et aux Etats-Unis (Henkes, 1997).

Selon Peat et Goulson, (2005) la proportion de pollen et de nectar récoltés serait dépendante de la température.

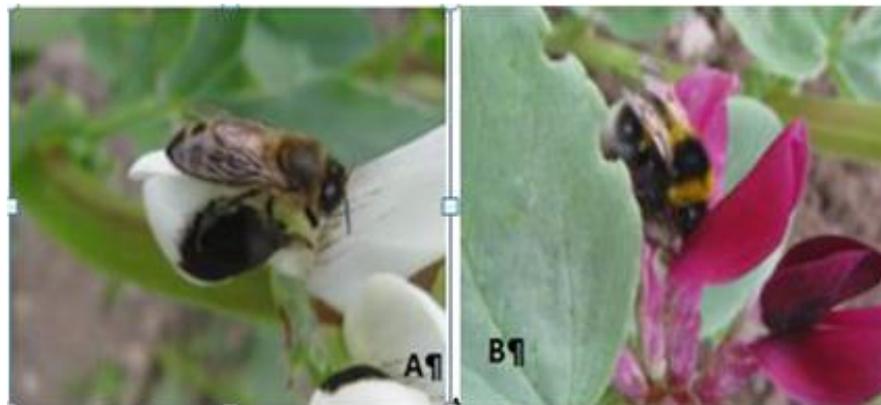


Figure 3 : Fleur visitée par une abeille (A) ou un bourdon (B) (Huber, 2011).

2-2- Conservation des pollinisateurs

D'après Chagnon, (2008), les consignes essentielles pour la conservation des pollinisateurs sont les suivantes :

- ✓ Améliorer ou créer des habitats pour les papillons et les abeilles ;
- ✓ Cultiver des plantes à fleurs qui fleurissent tout au long de la saison ;
- ✓ Eviter l'utilisation de pesticides ;
- ✓ Créer des sites de nidification pour les abeilles.

2-3- Influence des facteurs abiotiques sur les pollinisateurs

Les populations de pollinisateurs sont contrôlées par certaines conditions météorologiques. En effet, des études montrent que la phénologie des pollinisateurs peut être influencée par l'évolution des températures. Le vent également, influe généralement sur le vol des insectes. Cependant, tant que le vent n'est ni trop fort ni trop froid et qu'il y a ensoleillement, la plupart des abeilles solitaires continueront de voler. D'autre part, si un vent est de forte intensité, la fleur devient difficile d'accès pour les pollinisateurs à cause de son mouvement sur la plante (Chagnon, 2008).

**MATERIEL ET
METHODES**

I. OBJECTIF DE TRAVAIL

Cette étude vise à estimer le taux d'allogamie chez *Vicia faba* L. en conditions naturelles marocaines.

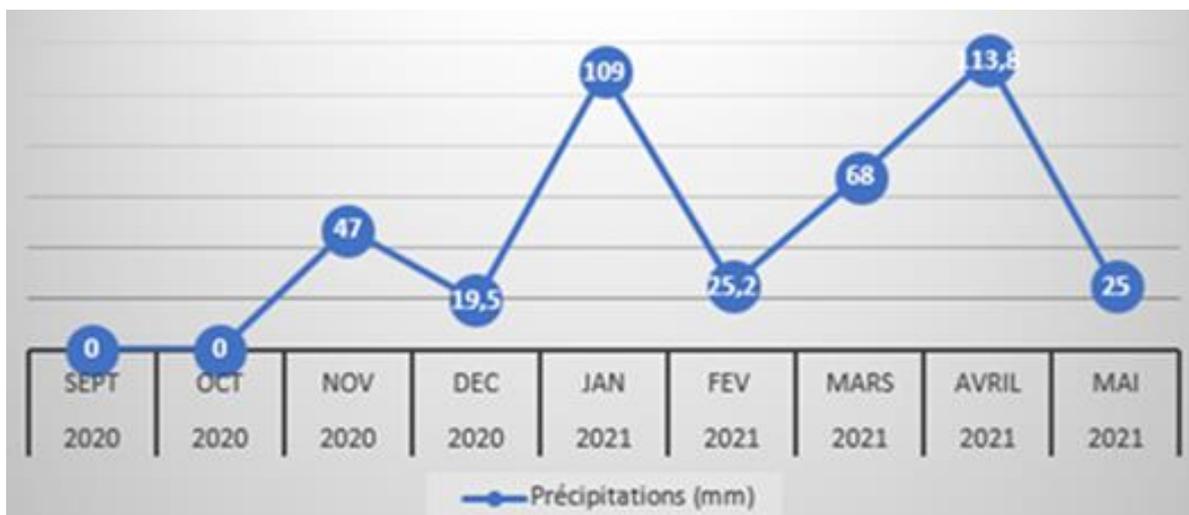
Le présent travail est basé sur des marqueurs génétiques liés à la couleur du tégument de la graine ainsi qu'à sa taille et sa forme. Par ailleurs, différents descripteurs agromorphologiques relatifs aux semences parentales ont été notés dans le but de les utiliser ultérieurement dans les programmes d'amélioration génétique.

II. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

1- PRESENTATION DU SITE EXPERIMENTAL DE L'INRA

Le domaine Expérimental de Douyet est situé à 34°04N, 5°07W. L'altitude s'élève à 416 m. Le domaine se localise dans la zone Bour qui se trouve dans la plaine du Sais (Province de Moulay Yaaccoub-Wilaya de Fès-Meknès), avec une superficie totale de 440 ha.

Cette région est caractérisée par un sol vertisol de couleur foncée avec des concrétions calcaires et un climat de type méditerranéen à Hivers froids et Etés chauds et secs. La figure 4 montre une bonne intensité des pluies durant les deux mois de Janvier et Avril 2021. On observe une moyenne intensité des pluies durant les mois de Mars 2021 et de Novembre 2020, et une mauvaise intensité durant les mois de Septembre et d'Octobre en 2020.



Figures 4 : Précipitations (en mm) au niveau du domaine Expérimental de Douyet durant la campagne agricole 2020-2021.

2- MATERIEL VEGETAL

Deux variétés ont été semées, à savoir Reina Mora qui est une fève à graines violettes, longues et aplaties et Zina ; une féverole à graines de couleur beige/marron, petites et relativement sphériques (Figure 5).

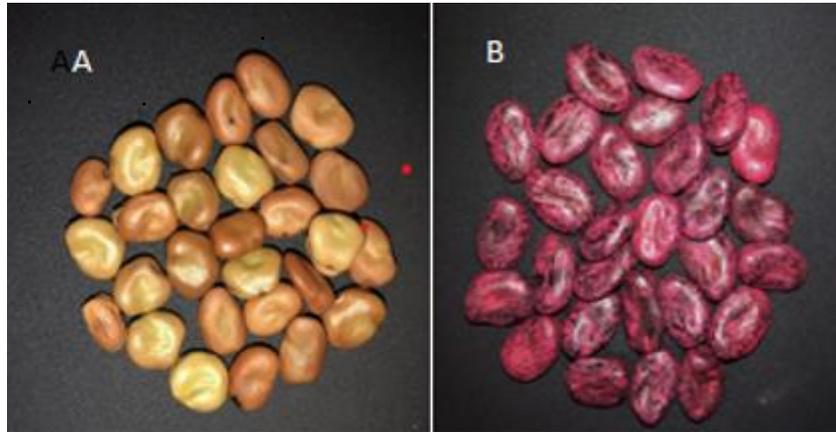


Figure 5 : Graines de la fève Reina Mora (A) et de la féverole Zina (B).

3- DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les deux variétés de fève (Reina Mora) et de féverole (Zina) sont semées, en 6 lignes alternées, le 23/12/2020, dans le domaine expérimental de Douyet, selon le dispositif expérimental élucidé dans la figure 6. La superficie de chaque parcelle est de 12,96 m², chaque parcelle élémentaire est composée de 6 lignes d'une longueur d'environ 3 mètres. La distance entre les lignes et les plantes individuelles est de 0,6m. L'étude est réalisée sur trois répétitions (Figure 7).

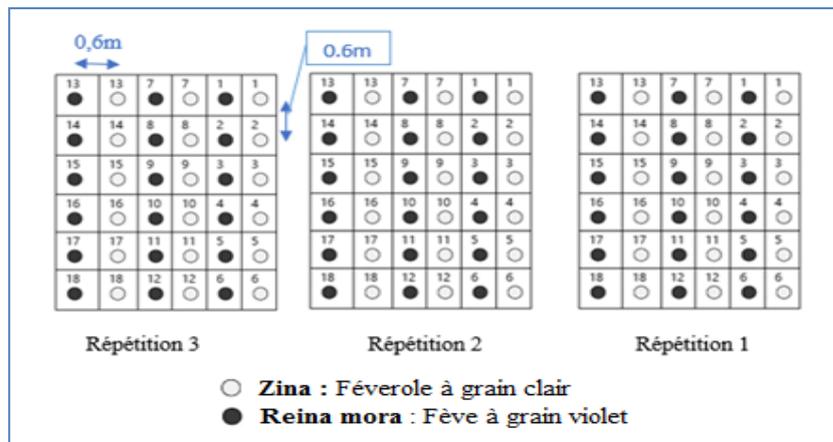


Figure 6 : Dispositif expérimental des trois différentes parcelles.



Figure 7 : Images des trois répétitions étudiées.

4- OBSERVATIONS ET NOTATION

Le présent travail repose sur deux parties à savoir la caractérisation agro-morphologiques des deux lignées parentales Zina et Reina Mora. Et ceci sur la base des trois répétitions précitées, puis, l'estimation du taux d'allogamie en se basant sur la première répétition uniquement en raison des contraintes de temps. La caractérisation agro-morphologique est une étape importante à prendre en compte avant d'entamer un programme d'amélioration génétique. En outre, le polymorphisme phénotypique aide dans le choix des marqueurs génétiques à utiliser dans les travaux d'estimation d'allogamie, telles, la couleur du tégument de la graine ou encore la couleur du hile.

4-1- Paramètres agro morphologiques des parents

La liste des descripteurs de *Vicia faba* L. (IBPGR et ICARDA, 1985), permet de désigner toutes les caractéristiques de la plante aussi bien au stade végétatif qu'au stade de floraison, de maturation et de sénescence. Les observations ont été réalisées sur la moyenne de cinq plantes de chaque variété sur trois répétitions, soit un total de 15 échantillons par variété. (Tableau 3).

Tableau 3 : Liste des descripteurs quantitatifs et qualitatifs de *Vicia faba* L. (IBPGR et ICARDA, 1985).

	Caractéristiques agro-morphologiques	Modalité
Caractères qualitatifs	Forme des feuilles	Etroite, intermédiaire, arrondie, obovale, oblongue ou mixte (Figure 8)
	Angle de la gousse	Erigée, horizontale et pendante.
	Couleur du tégument de la graine	Vert, beige, vert-beige, noir-marron et bicolore (Figure 9)
	Type de croissance	Déterminée, semi-déterminée et indéterminée
	Taille de folioles	Petite, moyenne et large
	Couleur de la tige à la maturité	
	Couleur de la fleur	Blanche, violette, marron, rose, rouge et jaune.
	Réfectance de la surface de la gousse	Matte, brillante et intermédiaire.
	Couleur de la gousse à la maturité	Noir, marron et beige.
	Couleur de hile	Noir et blanc (Figure 10)
Caractères quantitatifs	Ramification au nœud basal	Moyenne de nombre de branches/plante collectée sur 5 plantes à un stade tardif de floraison
	Ramification au nœud supérieur	0 (non ramifié), 1 (ramifié) et x (intermédiaire)
	Hauteur (En centimètre)	Mesure (en centimètre) réalisée au moyen d'un bâton gradué par un décimètre.
	Jours à la floraison (Nombre des jours)	Nombre de jours, du semis jusqu'à la floraison ; 50% des plantes ont fleuri
	Jours à la maturité (Nombre des jours)	Nombre de jours, du semis jusqu'à la maturité ; 90% des gousses sont sèches.
	Nombre de fleurs par inflorescence	Nombre de fleurs / inflorescence
	Longueur des gousses (En mm)	
	Poids 1000 grains (En gramme)	Pesée de 100 graines puis extrapoler sur 1000 graines.

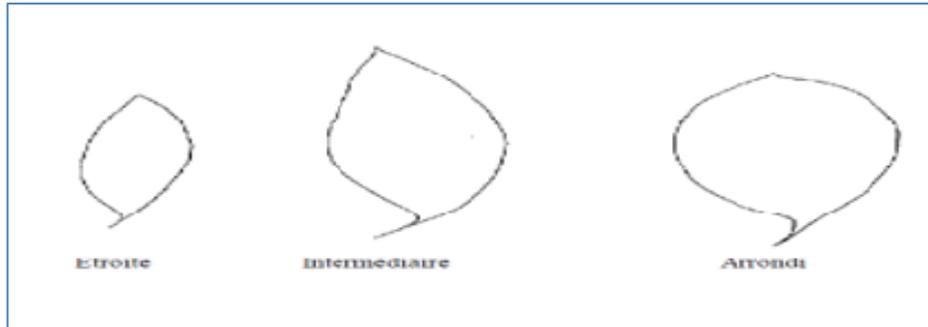


Figure 8 : Formes de folioles utilisées par les descripteurs (IBPGR et ICARDA, 1985).



Figure 9 : Couleurs de tégument : Beige(a), violet(b), noir(c) et vert(d) (Chetto et *al.*, 2017)



Figure 10 : Hile noir (c et d) et hile blanc (a et c) (Chetto et *al.*, 2017)

4-2- Méthode d'estimation du taux d'allogamie chez *Vicia faba* L.

L'estimation du taux d'allogamie est faite sur la base d'un trait qualitatif ; couleur du tégument de la graine. La couleur violette est dominante sur la couleur beige (Ricciardi et *al.*, 1985, Mesquida et *al.*, 1990). De ce fait, l'expérimentation consiste à compter le nombre de grains à tégument violet chez 18 plantes dans la descendance F1 de la variété

Zina à grains beiges. En outre, la longueur, la largeur et l'épaisseur ont été mesurées sur l'ensemble des graines Reina Mora chez 18 plantes en vue de repérer des graines de tailles et formes intermédiaires (Erith, 1930). Les comptages ont été réalisés sur un échantillon de 36 plantes au total.

Chaque plante est traitée individuellement, les notations effectuées sont les suivantes ;

- ✓ Nombre de gousses par plante ;
- ✓ Nombre de gousse à graines violettes / plante Zina ;
- ✓ Nombre total des plantes allofecondées ;
- ✓ Longueur des graines ;
- ✓ Largeur des graines ;
- ✓ Epaisseur des graines ;

La longueur, la largeur et l'épaisseur des matériaux ont été mesurées moyennant un pied à coulisse. La sphéricité Φ des grains a été calculée en utilisant la relation suivante (Mohsenin, 1970) ;

$$\Phi(\%) = \left(\frac{(LWT)^{1/3}}{L} \right)$$

Le diamètre géométrique a été calculé conformément à la formule ;

$$Dg (mm) = (LWT)^{1/3}$$

Où L est la longueur, W est la largeur et T est l'épaisseur en mm.

La surface est calculée par la formule ;

$$S(cm^2) = \pi Dg^2$$

Il rapporté que chez la féverole, le diamètre géométrique décroît, alors que la sphéricité augmente à l'opposé de la fève (Altunta et Yildiz,2007).



Figure 11 : Pied à coulisse utilisé, montrant les paramètres mesurés sur les graines.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. ANALYSE DES CARACTERES AGRO-MORPHOLOGIQUES QUALITATIFS DES PARENTS

Sur les 10 caractères qualitatifs étudiés (Tableau 4), trois traits représentent un polymorphisme phénotypique. Les deux variétés sont différentes en termes de formes de feuilles ; les feuilles de Zina sont obovales tandis que les feuilles de Reina Mora sont de forme oblongue (Figure 12). L'angle de la gousse est érigé chez Zina et est pendant chez Reina Mora (Figure 13). La couleur du tégument de la graine est également contrastée, elle est violette chez Reina Mora et est beige chez Zina (Figure 14).

Tableau 4 : Liste montrant les différences et les points communs entre les deux variétés.

Caractéristiques agro-morphologiques qualitatifs	Zina (Moyenne de 15 plantes)	Reina Mora (Moyenne de 15 plantes)
Forme des feuilles	Obovale	Oblongue
Angle de la gousse	Erigée	Pendante
Couleur du tégument de la graine	Beige	Violet
Type de croissance	Indéterminé	
Taille de folioles	Moyenne	
Couleur de la tige à la maturité	Noir (Figure 13)	
Couleur de la fleur	Blanche et noir	
Réfectance de la surface de la gousse	Brillante	
Couleur de la gousse à la maturité	Noir (Figure13)	
Couleur de hile	Noir	

II. ANALYSE DES CARACTERES AGRO-MORPHOLOGIQUES QUANTITATIFS DES PARENTS

Sur la base des traits quantitatifs mesurés (Tableau 5), il existe une variabilité considérable entre Zina et Reina Mora sauf pour la ramification au nœud supérieur. Zina est plus ramifiée au nœud basal (0.8) que Reina Mora (0.2), plus haute (63.33 cm contre 52 cm) et plus précoce (59 jours contre 63 jours). Son cycle est également plus court que Reina Mora. En effet, elle arrive à la maturité après 96 jours tandis que les gousses de Reina Mora mûrissent à 103 jours. Zina donne plus de fleurs par inflorescence (4.2 contre 2.4). Cependant sa gousse est moins longue que Reina Mora, soit ; 84.38 mm et 158.24 mm respectivement et elle se caractérise par un poids 1000 grains relativement faible (812.8 g) tandis que Reina Mora enregistre un poids 1000 grains de 1273.3 g.



Figure 12 : Forme de la feuille dans les deux variétés.

(A) Forme oblongue chez Reina Mora. (B) Forme obovale chez Zina.



Figure 13 : Angle de la gousse, couleur de la tige et de la gousse chez les variétés.

(A) : Angle pendant de la gousse, tige et gousse noires chez Rena Mora.

(B) : Angle érigé de la gousse, tige et gousse noires chez Zina (B).



Figure 14 : Couleur du tégument chez Reina Mora et Zina.

Ces données renseignent sur le faible développement végétatif de Reina Mora en raison de sa mauvaise adaptation aux systèmes de Bour, Reina Mora est généralement conduite dans des systèmes irrigués. En revanche la variété de la féverole Zina se distingue par son développement végétatif (hauteur, ramification, etc.) remarquable grâce à sa bonne et large adaptation aux climats secs.

Tableau 5 : Caractères quantitatifs chez Zina et Rena mora.

Caractéristiques agro-morphologiques quantitatifs	Zina (Moyenne de 15 plantes)	Reina Mora (Moyenne de 15 plantes)
Ramification au nœud basal	0,8	0,2
Ramification au nœud supérieur	0	
Hauteur (En centimètre)	63,33	52
Jours à la floraison (Nombre des jours)	59	63
Jours à la maturité (Nombre des jours)	96	103
Nombre de fleurs par inflorescence	4,2	2,4
Longueur des gousses (En mm)	84,38	158,24
Poids 1000 grains (En gramme)	812,84	1273,32

III. RESULTAT D'ESTIMATION DU TAUX D'ALLOGAMIE CHEZ LA PREMIERE DESCENDANCE

1- COMPTAGE DES EVENEMENTS DE CROISEMENT CHEZ ZINA F1

Sur les 18 plantes traitées individuellement, aucun grain violet n'a été repéré chez Zina. Cela présume qu'aucun croisement n'a eu lieu ; c'est-à-dire, aucun pied Zina n'a été pollinisé par Reina Mora. Cela signifie que le taux d'allogamie est 0%.

2- MESURE DE LA TAILLE ET DE LA FORME DE L'ENSEMBLE DES GRAINS REINA MORA F1

Sur les 18 plantes de Reina Mora, la longueur, la largeur et l'épaisseur ont été mesurées sur la totalité des grains produits par Reina Mora dans la F1 (1015 graines). La forme de la graine est définie par trois paramètres, la sphéricité, le diamètre géométrique et la surface. Les grains F1 ayant une taille et une forme intermédiaires entre les deux parents, avec un léger biais vers le parent femelle peuvent représenter une probabilité de croisement entre les deux variétés.

La sphéricité, le diamètre géographique et la surface des graines représentent des paramètres informatifs, c'est pourquoi, sur la base de chacun de ces paramètres, les graines de la descendance F1 de Reina Mora ont été comparées à la moyenne des graines parentales indiquée en lignes discontinues (pointillées) sur la figure 15.

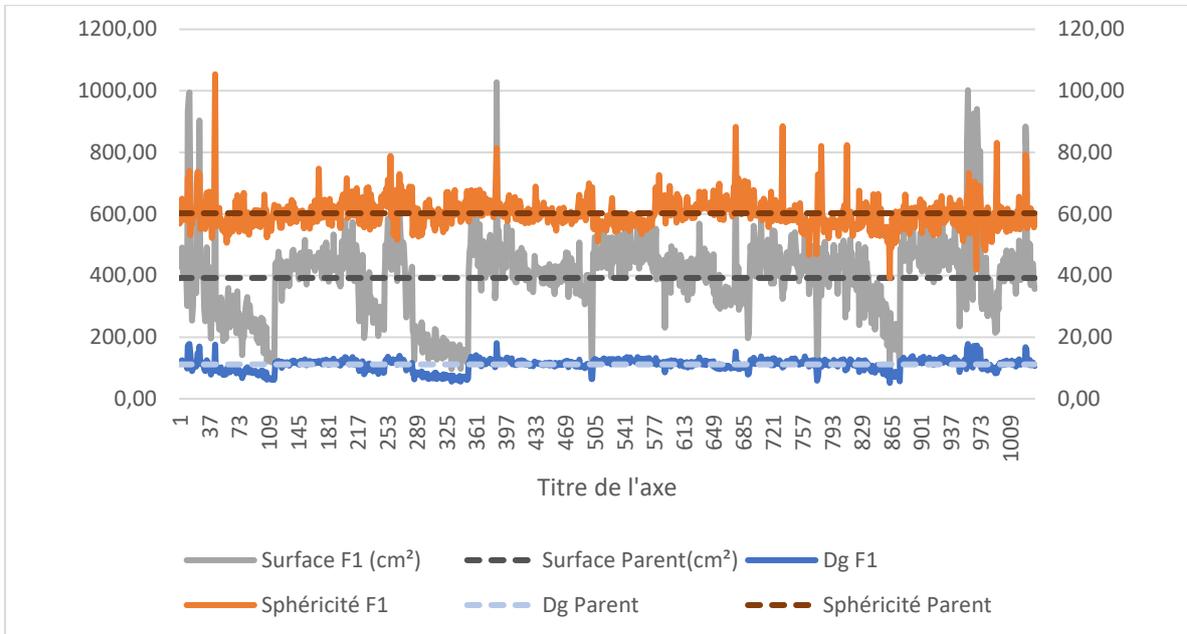


Figure 15 : Sphéricité, diamètre géométrique et surface chez F1 de Rena Mora comparées à la moyenne des graines parentales.

✚ **Sphéricité** : Les graines F1 ayant surpassé la sphéricité moyenne des parents (60%) représentent une probabilité de croisement par allogamie. En effet, les graines ayant une sphéricité au-dessus de 70% constituent une potentialité de croisement. Ces graines sont représentées dans le tableau 6. Etant donné que les graines d'une même gousse sont identiques sur le plan génétique (même source de pollen et même ovule), nous n'avons considéré que les graines issues de la même gousse, c'est dire le plantes 1, 5 et 12 surlignée dans le tableau 6. On en déduit qu'il a de forte chance qu'une fleur de chacune des plantes prémentionnées de Reina Mora soit visitée par une abeille ayant butinée sur la variété Zina.

Tableau 6 : Graines ayant une sphéricité supérieure à 70%.

Plante	Longueur	Largeur	Epaisseur	Dg F1	Sphéricité F1	Surface F1 (cm ²)
4	18,36	13,65	9,09	13,16	72	543,91
1	23,98	19,66	10,83	17,22	72	931,52
9	15,56	13,68	6,07	10,89	70	372,68
1	24,66	18,87	11,89	17,69	72	982,76
1	24,05	20,41	11,48	17,80	74	994,83
17	23,28	19,68	9,68	16,43	71	848,02
5	19,21	20,28	7,06	14,01	73	616,71
1	17,12	12,8	7,87	11,99	70	451,80
1	20,17	14,58	11,22	14,89	74	696,29
1	23,22	18,85	11,16	16,97	73	904,43
12	17,32	13,21	15,62	15,29	88	734,35
14	12,57	15,24	5,74	10,32	82	334,69
12	16,28	15,86	6,14	11,66	72	427,14
18	21,16	14,99	14,88	16,77	79	883,95
7	15,2	13,21	6,65	11,01	72	380,94
18	20,4	13,2	14,9	15,89	78	793,25
7	22,22	17,22	15,47	18,09	81	1028,00
12	15,73	13,39	6,56	11,14	71	389,73
12	11,23	10,14	4,34	7,91	70	196,38
13	11,48	15,17	6,03	10,16	89	324,57
1	16,75	13,14	25	17,65	105	979,15
5	19,18	17,2	7,72	13,66	71	585,89
12	16,22	14,5	6,18	11,33	70	403,11
3	16,45	17,35	6,5	12,29	75	474,32
14	11,65	15,61	4,86	9,60	82	289,33
5	15,52	15,32	7,71	12,24	79	470,57
11	15,83	13,26	7,24	11,50	73	415,26
17	18,7	16,63	8,28	13,71	73	590,19

✚ **Surface** : La surface moyenne parentale est de l'ordre de 400 cm² (Figure 15). Les graines issues de Reina Mora avec une surface inférieure à la moyenne des graines Reina Mora parentales peuvent représenter un évènement de croisement. On constate que les deux gousses provenant des plantes 2 et 6 se différencient par une surface inférieure à 300 cm² (Tableau 7) et donc, il existe une forte probabilité qu'elles soient un résultat de croisement d'allogamie.

Tableau 7 : Graines à surface et à diamètre géométrique inférieur à la moyenne des parents.

Plante	Code de plante	Longueur	Largeur	Epaisseur	Dg F1	Sphéricité F1	Surface(cm ²) F1
2	G10	17,53	13,34	3,47	9,33	53	273,31
2	G11	14,75	11,24	3,83	8,6	58	232,09
6	G10	13,52	10,28	3,83	8,10	60	206,35
2	G11	14,75	11,24	3,83	8,60	58	232,09
6	G11	12,58	9,2	3,68	7,52	60	177,84
2	G12	16,98	14,3	3,38	9,36	55	275,39
6	G12	16,73	11,74	3,59	8,90	53	248,88
6	G14	14,85	11,12	3,4	8,25	56	213,81
2	G14	17,08	13,34	3,51	9,28	54	270,68
6	G15	13,73	10,27	3,68	8,04	59	202,87

✚ **Diamètre géométrique** : Les graines F1 ayant un diamètre géométrique inférieur à au diamètre géométrique moyen des graines parentales (11 mm), elles sont récapitulées dans le tableau 7. Dans la même perspective, les graines aux diamètres géométriques inférieurs à 11 mm représentent une probabilité de croisements. Les gousses en question émanent des plantes 2 et 6.

Les plantes retenues comme étant des probabilités de croisements entre Reina Mora et Zina sont les plantes 1, 2, 5, 6 et 12 avec une gousse chacune. Cela génère un taux de 5/36 soit 13.9%. Les graines ayant une allure très proche des celle de la féverole et se distingue du reste des graines traitées sont celles obtenues par les plantes 5 et 12 (figure 16).



Figure16 : Graines issues d'allogamie chez les plantes 5 et 12 de Reina Mora.

CONCLUSION GENERALE

La culture des fèves est d'une très grande importance dans la filière des légumineuses alimentaires. 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 de nombreux pays (Khaldi et *al.*, 2002).

Le choix du matériel végétal nécessite une bonne connaissance de son développement, de ses caractéristiques et la transmission héréditaire de ses caractères. Dans ce travail, nous avons évalué les caractères agro-morphologiques parentaux de deux lignées de Fève et de féverole puis nous avons estimé le taux d'allogamie chez *Vicia faba* L. dans le domaine agricole de l'INRA à Douyet.

Suite à la caractérisation agro-morphologique des parents, nous avons pu constater un polymorphisme phénotypique entre les deux variétés utilisées. Les deux lignées se sont distinguées en termes de couleur des graines, d'angle des gousses, la forme de la feuille et du développement végétatif (hauteur et ramification).

Le taux d'allogamie est estimé à 13.9%. Cependant, ce taux peut être surestimé en raison de l'effet de l'environnement sur le caractère « taille et forme des graines ». Néanmoins ce taux reste relativement faible par rapport aux taux d'allogamies effectués sur les deux régions, Cordoue (Espagne) et Rennes (France), étaient respectivement de 68% et 33% (Suso et *al.*, 2001). Ce taux peut être dû à la faible fréquence des abeilles et des bourdons dans la région. Les apiculteurs de la région constatent qu'une espèce prédatrice s'était répandue dans la région. Ainsi qu'il peut être également dû à la faible activité des abeilles en raison des conditions pluviales fortes qu'a connu la campagne agricole 2020-2021.

REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

- **AbbadAndalloussi F. et Bachikhi J., (1996).** Les nématodes des cultures de fèves et fèves et du pois chiche au Maroc. In Ezzahiri , B., Lyamani, A., Farih,A ., et El Yamani, M. (éditeurs).
- **Altuntas E. et Yilzid M., (2007).** Effect of moisture on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. Journal of Food Engineering 78 (2007) 174-183.
- **Anonyme (1985).** Séminaire National sur légumes secs, caractéristiques, exigence et potentiel de reproductions des différentes variétés de légumes secs I.T.G.C, 15p.
- **Barri T. & Shtaya M. (2013).** Phenotypic Characterization of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Landraces Grown in Palestine. J. Agricultural Science, 5 (2) : 156-161.
- **Biruk Bereda (2009).** Production and Marketing Activity of Broad Bean in Ethiopia. Ethiopia Commodity Exchange Authority reoprt. pp. 10 - 11
- **Bond D. A. and Poulsen M. H. (1963).** Pollination. Pages 77-101 in P. D. Hebblethwaite, ed. The faba bean (*Vicia faba* L.): A basis for improvement, Butterworths, London, U.K.
- **Bond D. A., Kirby.E.J.M. (1999).** Anthophoraplumipes (Hymenoptera :Anthophorine) as a pollinator of broad bean (*Vicia faba major*). Journal of ApiculturalResearch 38, 199-203.
- **Bond D. A., Laws D.A., et Poulsen M.H., (1983).** Pollinisation in: the Faba bean (*Vicia faba* L.) Hebblethwaite P. D.(ed.), Butterworth, London, 77-101
- **Brink, M., Belay. G. (2006).** Ressources Végétales de l’Afrique tropicale 1 : céréales et légumes Secs, prota, pays bas, pp.221-223
- **Buchmann S. L. and G.P. Nabhan. (1996).** The Forgotten Pollinators. Island Press, Washington, D.C.292p.
- **Chagnon M. (2008).** Causes et effets du déclin mondial des pollinisateurs et les moyens d’y remédier. p70. Fédération Canadienne de la Faune. Bureau régional du Québec.
- **Chaux C. et Foury C. (1994).** Production Légumière : Légumineuses potagères Légumes fruits, lavoisier.Paris.Pp.4-8.
- **Chetto O., Arbaoui M., & Belqadi L. (2017).** Caractérisation agronomique et moléculaire d’une collection de féverole (*Vicia faba* L.). Projet de Fin d’Etude. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. 101p.
- **Cubero J.I. (1974).** On the evolution of *Vicia faba* L. Theoret. app, Genet. 45: 47-51
- **Dajoz R, (2000).** Eléments d’écologie. Ed, Dunod. Paris,8ème édition .540 P.

- **Didier Rémond. Stéphane Walrand, (2017).** Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. Innovations Agronomiques, INRA, 2017, 60. (hal01685940) P133,144.<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>
- **Duc G, (1997).** Faba bean (*Vicia faba* L.). Field crops Research .53:99-109.
- **El Bouhamdi K. et Sadiki M., (2002).** Evaluation d'une collection de populations marocaines locales de fève et de féverole pour la tolérance à la sécheresse. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA « Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie ,100p.
- **Erith A. G. (1930).** The inheritance of colour, size and form of seeds, and of flower colour in *Vicia Faba* L. Genetica 12, 477–510. doi: 10.1007/BF01486760
- **Fatemi Z. Sakr2 B. et Abbad A., (2005).** Amélioration génétique de la fève et féverole, INRA. Settat, Rabat, Maroc. p160
- **Fatemi Z. (1996).** Situation de la Culture des Fève au Maroc. In: Rehabilitation of *Faba Bean*. Bertenbreiter W .and M. Sadiki (Eds.), 33-38
- **Goyoaga C. Burbano C. Cuadrado C. Remero 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 seedling growth of two cultivars of *Vicia faba* L. Journal of Food composition and Analysis 24,391-397
- **Guen J & Duc G., (1996).** La Féverole. In : Amélioration des Espèce Végétales Cultivées : Objectifs et Critères de Sélection. A. Gallais et H. Bannerot (Eds),189-203
- **Guignard J. L., (1989).** Abrégés de botanique, 7^{ème} édition, pp :173-176.
- **Henkes R, (1997).** Calling All Pollinators. The Furrow, pp. 10-13.
- **Huber W., (1963-1964).** Ergebnisse der Sortenprüfung von Acherbohnen (Pferdebohnen). Station fédérale d'essais agricoles de Zurich-Oerlikon. Cité d'après Epprecht, Brigitte (2011).
- **IBPGR, ICARDA, (1985).** Fababeandcriptors. IBGPR Secretariat Rome (Eds)
- **Khaldi R., Zekri S., Maatougui M.E.H et Ben Yassine A., (2002).** L'Economie des légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le monde. Froceeding du 2^{émé} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA « Le devenir des légumineuses alimentaires dans la Maghreb »

- **Link W. Balko C.F. & Stoddard L., (2010).** Winter hardiness in faba bean: Physiology and breeding. *Field Crops Research* 115 (3) ; 287-296.
- **Mathon C., (1985).** Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication. Faculté des sciences de l'université de Poitiers, 17pp.
- **Mesquida J., le Guen J., Tasei J.N., Carre S. & Morin G., (1990).** Modalités de la pollinisation chez deux lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L., var *equina* Steudel). Effets sur les coulores, de la productivité et les taux de croisements. *Apidologie*, 21:511-525.
- **Mohsenin, N. N., (1970).** Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers
- **Muratova V.S., (1931).** Common beans *Vicia faba* L. In: *Bull. Appl. Bot. and Gen. Plant Breed. Suppl.*, 50:285.
- **Oliveira H. R., D. Tomás M. Silva, S. Lopes, W. Viegas and M.M. Veloso (2016).** Genetic diversity and population structure in *Vicia faba* L. landraces and wild related species assessed by nuclear SSRs. *PLoS ONE* 11(5): 0154801. doi:10.1371/journal.pone.0154801.
- **Peat J and Goulson D, (2005).** Effects of experience and weather on foraging rate and pollen versus nectar collection in the bumblebee, *bombus terrestris*. *Behavior Ecology and Sociobiology*, vol 58, n°2, pp.152-156
- **Peron J-Y, (2006),** Références, Production légumières. 2ème. Ed .613
- **Ricciardi L. Filippetti. A, Depace et Mazano C, F., (1985).** Inheritance of seed coat colour in broad.Bean (*Vicia faba* L.).pp. 43-51
- **Sadiki M., and A. Lazrak, W. (1998).** La fève et la féverole ; Fiche technique. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan 2 (eds). 31pp.
- **Sadowksy M. J., & Graham P.H., (2006).** Root and stem nodule bacteria of legumes. In: Dworkin M. et Falkou S. (Eds): *the prokaryotes: ecophysiology and biochemistry*. Springer.pp 817-841.
- **Sjodin J., (1971).** Induced morphological variation in *Vicia faba* L. *Hereditas*, 67:11.
- **Stoddard, F.L. & Bond, D. A. (1983).** The pollinators requirements of the faba bean. *Bee World* 68,144-152.
- **Suso M. Pierre J. Morino M. R. Esnault and G. Le Guen., (2001).** Variation in outcrossing levels in Faba bean cultivars: role of ecological Factor. pp,399-405

- **Suso M. J. & Moreno M. T. (1999).** Variation in outcrossing rate and genetic structure on six cultivars of *Vicia faba* L. as affected by geographic location and year. *PlantBreeding* 118, 347±350.
- **Suso M. J., Cubero, J. I. and Moreno M. T., (1995).** Outcrossing in two faba bean cultivars under draland conditions inSpain. *Can. J. Plant Sci.* 75: 41-443.
- **Wang H. F., Zong X. X. Guang J. P., Sun X. L., Redden R., (2012).** Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm reveled by ISSR markers.*Theor APPL Genet.*124:789-797.

- Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAOSTAT. Available online; <http://faostat.fao.org> accessed on 21 July 2020).
- (www.s10.lite.msu.edu/res/msu/botonl_online/schaugarten/ViciafabaL/Broad_Bean.html) consulté le 11/08/2017 ,23h17.
- **FAOSTAT 2019.** <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=fr#ancor>, mai 2019.