

LISTE DES FIGURES

Figures	Titres	Pages
Figure 1	<i>Vicia faba L</i>	2
Figure 2	<i>Bruchus rufimanus</i>	7
Figure 3	Œufs de bruche au niveau de la gousse	8
Figure 4	Ponte d'entrée des œufs des bruches au niveau de la graine	8
Figure 5	Larve de <i>B.rufimanus</i>	9
Figure 6	L'insecte <i>B.rufimanus</i>	9
Figure 7	La bruche dans son stade nymphal	10
Figure 8	Les trous de sortie des bruches	10
Figure 9	Nombre d'attaques et le poids d'une graine	11
Figure 10	Les différents populations de vicia faba	13
Figure 11	Carte géographique montrant les zones de collecte des populations de la fève, févrette et fèverole	14
Figure 12	Schéma montrant les différentes parties mesurées de la fève	14
Figure 13	Pied à coulisse électronique	15
Figure 14	Les trous et les pontes effectués par les bruches	16
Figure 15	Répartition des différents paramètres étudiés en fonction des populations	17
Figure 16	Répartition de la surface et le poids moyen selon les populations	20
Figure 17	Répartition de la sphéricité moyenne, le Dg moyen, et le poids moyen selon les populations	20
Figure 18	Pics d'entrée, trous de sortie et le poids d'une graine	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1	Tableau de corrélations entre les différents paramètres étudiés	18
Tableau 2	Tableau de Régression linéaire entre le poids moyen et la longueur moyenne	18
Tableau 3	Tableau de Régression linéaire entre le poids moyen et la largeur moyenne	19
Tableau 4	Tableau de Régression linéaire entre le poids moyen et l'épaisseur moyenne	19
Tableau 5	Tableau de corrélations entre le Dg moyen, la sphéricité moyenne, surface et poids d'une graine	21
Tableau 6	Tableau de Régression linéaire entre la surface et le poids moyen	22
Tableau 7	Tableau de Régression linéaire entre le Dg moyen et le poids moyen	22
Tableau 8	Tableau de Régression linéaire entre la sphéricité et le poids moyen	22
Tableau 9	Tableau de Régression linéaire entre la sphéricité et le Dg moyen	23

LISTE DES ABRÉVIATIONS

INRA : Institut national de recherches agronomique

FST : Faculté des sciences et techniques

Pop : Population

Qx : Quintaux

g : gramme

Kcal : kilo calorie

Mm : Millimètre

Cm : Centimètre

W : West

N : Nord

Ha : Hectare

Dg : diamètre géométrique

S : Surface

Sig : signification

SOMMAIRE

Titres	Pages
Introduction	1
Partie bibliographique	2
I. Généralités sur la fève	2
1. Systématique	2
Les critères de distinction entre les variétés de <i>Vicia faba</i>	3
2. Culture de la fève	3
Facteurs qui influencent la culture de la fève	4
3. Description botanique de la fève	4
4. Composition chimique	5
5. Récolte de la fève	6
6. Conservation de la fève	6
7. Insectes et parasites	6
a. L'orobanche	6
b. Les bruches de la fève	7
c. Les pucerons	7
II. Généralités sur <i>Bruchus rufimanus</i>	7
1. Systématique	7
2. Description botanique de <i>Bruchus rufimanus</i>	8
3. Les différents stades de développement de <i>Bruchus rufimanus</i>	8
a. Stade œufs	8
b. Stade larvaire	8
c. Stade adultes	9
d. Stade nymphal	9
4. Symptômes	10
5. Situations à risque	10
6. Méthodes de lutte	11
a. Lutte au stockage	11
b. Lutte physique	12
c. Lutte biologique	12
Partie matériels et méthodes	13
I. Site expérimental	13
II. Matériel végétal	13
III. Paramètres biologiques étudiés	14

IV. Degré d'infestation par les bruches	16
Partie résultats et discussions	17
I. Analyses des paramètres morphologiques de la graine	17
1. Corrélations entre les différents paramètres étudiés	18
2. Régression linéaire entre le poids moyen et la longueur moyenne	18
3. Régression linéaire entre le poids moyen et la largeur moyenne	19
4. Régression linéaire entre le poids moyen et l'épaisseur moyenne	19
II. Diamètre géométrique moyen, la sphéricité moyenne, la surface et le poids d'une graine	19
Le poids moyen et la Surface	20
Dg moyen, la sphéricité moyenne et Le poids moyen	20
1. Corrélations entre les différents paramètres étudiés	21
2. Régression linéaire entre la surface et le poids moyen	22
3. Régression linéaire entre le Dg moyen et le poids moyen	22
4. Régression linéaire entre la sphéricité moyenne et le poids moyen	22
5. Régression linéaire entre la sphéricité moyenne et le Dg moyen	23
III. Analyse du degré d'infestation par les bruches	23
Conclusion	24

INTRODUCTION

La fève (*Vicia faba*) est parmi les principales légumineuses alimentaires au Maroc, avec une superficie de 56% de la superficie totale en légumineuses, puis le pois-chiche (19%), la lentille (14%) et le petit-pois (9%), (FAOSTAT, 2017).

Grâce à ses multiples propriétés dans le domaine socio-économique et agrobiologique, la fève est une composante essentielle dans les systèmes de productions agricoles marocaines, ainsi des intérêts agro-économiques car les racines de *Vicia faba* vivent en symbiose avec les bactéries du genre *Rhizobium* qui leur permettent de fixer l'azote atmosphérique et d'enrichir le sol en azote ce qui réduit la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des engrais chimiques (Sillero et al. 2010). En plus de ces intérêts, la fève constitue l'une des principales sources de protéines. Sa richesse en protéine est de l'ordre de 25 à 35 %. Au Maroc, la production de la fève se trouve concentrée dans deux zones principales, à savoir le Sais et le Rif (Ouazzane, Chefchaouen, Taounate, Taza) et dans la région de (Chaouia, Abda et Doukala). La production moyenne annuelle de la fève au Maroc est de l'ordre de 918300 Qx, (ONICL, 2015).

Malgré cette importance, la superficie occupée annuellement par la fève connaît une régression durant ces dernières années. Ceci peut être dû d'une part au fait que la culture de la fève est devenue non rentable. D'autre part les rendements sont très faibles à cause des contraintes climatiques, culturelles et techniques, et en plus les coûts de production sont élevés, notamment la main-d'œuvre qui est devenue chère, sachant que la fève est encore cultivée d'une manière traditionnelle. De plus, le rendement des fèves au Maroc ainsi que les superficies cultivées se caractérisent par une instabilité d'une année à l'autre (Fatemi, 1996). Cette instabilité est due à de nombreux facteurs dont l'utilisation d'un matériel végétal local peu performant.

L'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) a fondé le programme d'amélioration de la culture de fève. Son objectif est la conservation et l'amélioration des ressources génétiques de fève, visant à mettre à la disposition des agriculteurs des variétés productives, de bonne qualité et résistantes aux maladies et aux parasites.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la caractérisation morphologique de 70 populations de fèves ainsi qu'à leur taux d'infestation par les bruches.

Notre travail est organisé selon plusieurs étapes :

- ✓ Partie bibliographique exposant des données générales sur notre sujet.
- ✓ Partie expérimentale englobant les différentes mesures effectuées.
- ✓ Partie résultats et discussion en présentant et analysant les résultats obtenus.
- ✓ Conclusion générale.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur la fève

1. Systématique

La fève est classée comme suit (Dajoz, 2000) :

- Règne : Végétal
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous-classe : Dialypétales
- Série : Caliciflores
- Ordre : Rosales
- Famille : Fabacées
- Sous-famille : Papilionacées
- Genre : *Vicia*
- Espèce : *Vicia faba*



Figure 1 : *Vicia faba* L

Les critères de distinction entre les variétés de *Vicia faba*

Dans le langage courant *Vicia faba* major est nommée « fève », *Vicia faba* minor « fèverole » et *Vicia faba* equina « févette ». La différence entre les trois variétés est basée principalement sur la taille et la forme des graines (Le Guen et Duc, 1996).

➤ **Major (fève) :**

- Taille des graines : Grosse ou très grosse (poids de 1000 graines > 1200g)
- Forme de graines : Graines larges et plates
- Taille des gousses : Gousse très longue (nombre d'ovules de 7 à 13)
- Forme des gousses : Aplatie souvent recourbée

➤ **Equina (févette) :**

- Taille des graines : Moyens (poids de 1000 graines entre 800 et 1200 g)
- Forme des graines : Graines présentant une dépression latérale des cotylédons
- Taille des gousses : Gousse longue (nombre d'ovules 3 à 4)
- Forme des gousses : Moins aplatis

➤ **Minor (fèverole) :**

- Taille des graines : Petites (poids de 1000 graines < 800)
- Forme des graines : Ovoïdes réguliers et lisses
- Taille des gousses : Gousse courte (nombre d'ovules de 2 à 3)
- Forme des gousses : Cylindrique

Il est à signaler que, pour la fève, la sphéricité décroît, alors que le Dg augmente. Contrairement à la fèverole où la valeur de la sphéricité augmente et celle de Dg diminue (Altuntas E. et Yilzid M., 2007) et (El Yaakoubi, 2016).

2. Culture de la fève

Vicia faba est relativement résistante au froid. Bien que tolérante sur la qualité du sol, elle aime davantage un sol argileux, à tendance calcaire. Dans les régions chaudes aux hivers doux, la fève est semée à l'automne, et récoltée au printemps.

Les graines sont semées sur une terre propre. La germination intervient 8 à 12 jours après. Lorsque les pieds portent suffisamment de gousses, on peut pincer les bourgeons supérieurs pour stopper la croissance de la plante ; celle-ci mettra alors toute son énergie dans la production des graines. Cette légumineuse fixe l'azote atmosphérique.

Elle n'est donc pas dépendante de la quantité d'azote présente dans la terre. En revanche, elle demande, pour être bien productive, un apport en potassium. Comme elle enrichit la terre, sa culture doit être mise en rotation avec d'autres espèces non légumineuses (Le Guen, J., and G. Duc. 1992).

Les pieds de fève attirent systématiquement les pucerons, et peuvent même servir de pièges à pucerons pour les jardins biologiques.

Facteurs qui influencent la culture de la fève

La fève est une culture des climats frais et non dans les climats secs, à partir de niveau de la mer jusqu'à une altitude de 3500 mètres d'après (Lim, 2012). Les facteurs qui influencent sur le développement de la fève sont :

La température : Brink et Belay (2006) rapportent qu'une température moyenne aux alentours de 13°C est optimale pour la croissance de la fève.

Le sol : Selon Brink et Belay (2006), la fève préfère les sols bien drainés au pH neutre (6.5-7.5) et à fertilité moyenne. Selon Pédrón (2006), la fève est peu exigeante sur le plan édaphique, elle est cultivée avec succès dans les sols sablo-argileux humifères.

L'eau : La fève nécessite une pluviométrie annuelle de 700 à 1000 mm, dont plus de 60% doivent tomber pendant la période de croissance (Brink et Belay, 2006).

La photopériode : La fève est une plante de jours longs. Elle forme son bourgeon à fleurs à partir du moment où la photopériode dépasse les 12 heures consécutives (Patrick et Stoddard, 2010).

3. Description botanique de la fève

La fève est une plante annuelle herbacée à croissance indéterminée (Duc, 1997). Ses feuilles sont composées et possèdent 2 à 8 folioles. La tige est creuse, rigide, avec une section carrée. Selon les conditions de culture (Le Guen et Duc, 1992), le nombre de nœuds est compris entre 10 et 40 à partir duquel prennent naissance les feuilles.

Quant à l'inflorescence, c'est une grappe de 2 à 12 fleurs axillaires qui peuvent être blanches, brunes ou violettes. Les fleurs sont hermaphrodites et présentent une structure papilionacée typique (Duc, 1997). La corole est constituée de 5 pétales inégaux dont 1 étendard, 2 ailes latérales et 2 inférieures (la carène) qui sont soudés sur leurs bords extrêmes (Mbida, 2014), le calice est gamosépale avec 5 sépales, les étamines sont au nombre de 10 dont 9 sont unies dans une gaine renfermant l'ovaire et la dixième haute est libre.

L'appareil reproducteur femelle possède un ovaire contenant des ovules allant de 1 à 10 (El Bakkali, 2011). Le fruit est une gousse érigée et cylindrique avec 2 à 8 petites graines ovoïdes, régulières et lisses. Le système racinaire est constitué d'une racine pivotante possédant des racines secondaires.

Ces dernières présentent des nodosités blanchâtres assez nombreuses avec en symbiose des bactéries du sol du genre *Rhizobium* assurant la fixation de l'azote atmosphérique (Duc, 1997 ; Tripp, 2011).

La reproduction est partiellement allogame. La pollinisation est entomophile et assurée par les insectes.

Ainsi, on peut remarquer un croisement naturel par pollinisation naturelle allant de l'ordre de 2 à 84% en fonction de la géographie, de l'espèce de l'activité des insectes pendant la floraison (Duc, 1997).

4. Composition chimique

La valeur nutritionnelle de la fève est attribuée à sa teneur élevée en protéines (25 à 35%). La plupart de ces protéines sont des globulines (60%), des albumines (20%), des glutélines (15%) et des prolamines (Larralde et Martinez, 1991). Les graines de fève contiennent des protéines riches en lysine et faibles en méthionine, cystéine et tryptophane. De ce fait, les fèves sont souvent dans les régimes alimentaires des êtres humains comme du bétail (Crépton et al, 2010).

Les fèves sont aussi une bonne source de glucides (50 à 60% d'amidon), de minéraux (leur teneur varie entre 1 et 3,5%, étant particulièrement riche en calcium et en fer, de fibres (7%) et de vitamines (les quantités de thiamine tocophérols, niacine et l'acide folique sont élevées alors que la vitamine C, la riboflavine et d'autres vitamines liposolubles sont faibles.

Par contre, la proportion lipidique est faible environ 1 à 2,5%, particulièrement riche en acide gras linoléique (Larralde et Martinez, 1991). La fève constitue une source considérable d'énergie (344 Kcal/100 g) et peut efficacement remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (Chaieb et al, 2011).

5. Récolte de la fève

La maturité des fèves est indiquée par le brunissement et la chute des feuilles inférieures. La couleur des gousses devient foncée au fur et à mesure qu'elles durcissent. Les gousses de fève s'ouvrent et perdent les graines si on attend que la culture arrive à la pleine maturité. La récolte manuelle doit commencer dès que les deux gousses inférieures commencent à noircir.

A ce stade, la teneur en humidité des graines est entre 35 et 45%, alors que la récolte mécanique doit se faire lorsque la teneur en eau des graines est située entre 13 et 15%.

Pour pouvoir cibler ce stade avec précision, on recommande de faire un échantillonnage par prélèvement d'une vingtaine de plantes dans au moins six points de la parcelle à récolter. (Alaoui, 2000).

6. Conservation de la fève

La conservation doit se faire dans des locaux :

- Propres.
- Secs.
- Sains.
- Aérés.

Il est fortement recommandé de traiter les graines stockées contre les bruches à l'aide d'un insecticide. Mais s'agissant de produits pouvant présenter une toxicité sur l'homme et l'animal, il est fortement recommandé de s'entourer de précautions de soigneusement laver les semences avant la consommation (Sadiki et Lazrak, 1998).

7. Insectes et parasites

a. L'orobanche

La fève peut être parasitée principalement par 3 espèces d'orobanche : *Orobanche crenata*, *Orobanche foetida* et *Orobanche aegyptiaca* (Pérez-de-Luque et al, 2010).

L'orobanche peut produire jusqu'à 200000 graines. Ces dernières restent en dormance dans le sol jusqu'à ce qu'elles reconnaissent les racines de leurs plantes hôtes et germent. Les plants d'orobanche adhèrent à la surface des racines de la plante hôte et finissent par pénétrer à travers le cortex, l'endoderme et le cylindre central par des pressions mécaniques et des activités enzymatiques (Stoddard et al, 2010).

b. Les bruches de la fève (*Bruchus rufimanus*)

Rachef et al. (2005) rapportent que, toutes les superficies cultivées en fève sont attaquées par la bruche. Ce coléoptère de la famille des *Chrysomelidae* occasionnent d'importants dégâts où plus de 64 % de graines peuvent être infestées.

c. Les pucerons

Les pucerons constituent un grand problème qui influence directement la productivité des fèves lorsque les infestations sont très sévères et demeurent l'une des causes indirectes de forts dégâts occasionnés par les virus dont ils sont vecteurs (Maatougui, 1996).

II. Généralités sur *Bruchus rufimanus*

Bruchus rufimanus est une espèce d'insectes de la famille des Chrysomelidae, dont les larves se développent à l'intérieur des graines de fèves et fêveroles les rendant inaptes à la consommation.

1. Systématique

La classification de *Bruchus rufimanus* selon (Hoffman et al. 1962) :

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Sous embranchement : Ptérygotes
- Classe : insectes
- Ordre : Coléoptères
- Sous ordre : Phytophagae
- Famille : Chrysomelidae (Bruchidea)
- Sous famille : Bruchinae
- Genre : *Bruchus*
- Espèce : *Bruchus rufimanus*



Figure 2 : *Bruchus rufimanus*

2. Description botanique de *Bruchus rufimanus*

Bruchus rufimanus est un petit coléoptère spécifique de la fève, appelé communément bruche de la fève.

La bruche se développe en culture pour se retrouver en fin dans les grains stockés. Au printemps, les adultes quittent les lieux d'hibernation pour coloniser les cultures en fleur. L'adulte pond sur les gousses en formation. Après l'éclosion, la larve pénètre dans la gousse puis dans la graine où elle se développe pour donner un adulte. Celui-ci en sortira à la faveur d'un trou bien rond pour trouver refuge dans les bois ou sous les écorces d'arbre.

3. Les différents stades de développement de *Bruchus rufimanus*

a. Stade œuf

Les œufs, de taille $0,55 \times 0,25$ mm, ont un aspect gélatineux et sont collés à la gousse sur toute sa longueur (figure 3). Ils sont lisses et ne présentent pas d'ornementation visible (Dupont, 1990).

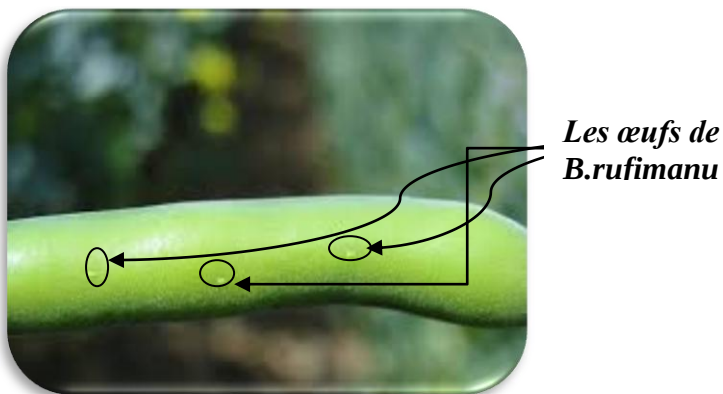


Figure 3 : Oeufs de bruche au niveau de la gousse.

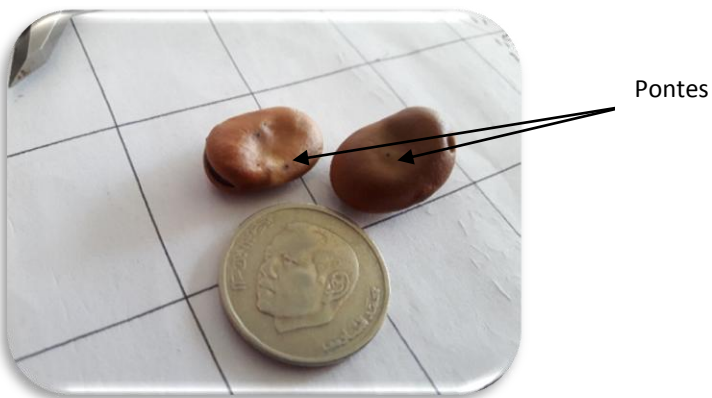


Figure 4 : Ponte d'entrée des œufs des bruches au niveau de la graine

b. Stade larvaire

Les larves de *B.rufimanus* mesurent 5 à 6 mm de long, caractérisées par une tête brune, un corps blanc légèrement jaunâtre et incurvé. Leur plaque pro-thoracique présente une série de dix dents (figure 5), (Hoffman, 1945). Elles sont sub-cylindriques en forme de C.



Figure 5 : Larve de *B.rufimanus*

c. Stade adulte

La taille de la bruche adulte varie de 3,5 à 5 mm de longueur. L'espèce est reconnue facilement par la présence d'une longue pointe située à l'angle interne des tibias postérieurs, dans les deux sexes et par la conformation particulière des tibias intermédiaires tordus légèrement et creusés en gouttière le long de leur face interne chez les mâles, le prothorax est plus ou moins denté latéralement, les tarses médians tantôt ferrugineux, tantôt noirs (Hoffman, 1945). La tête est prolongée en museau court.

Les pattes antérieures fauves sont à la base des cuisses noires, tandis que les pattes postérieures sont toutes noires. Le corselet est couvert d'un épais duvet de couleur gris-jaunâtre, les élytres sont plus larges que le corselet, noirs striés avec des taches grises (figure 6), (Hoffman, 1945).



Figure 6 : L'insecte *B.rufimanus*.

d. Stade nymphal

La nymphe ressemble à l'adulte, mais qui n'a pas acquis sa couleur brune. Cette dernière est d'un blanc crème (figure 4). La tête n'est partiellement visible que du haut (figure 7), (Casari et Teixeira, 1997).



Figure 7 : La bruche dans son stade nymphal.

4. Symptômes

Les symptômes s'observent à partir du stade jeune gousses (2 cm).

- **En végétation** : on observe des œufs blanc-jaune de quelques millimètres de diamètre sur les gousses de fève.
- **A la récolte/au stockage** : on observe un trou circulaire dans la graine (figure 8).

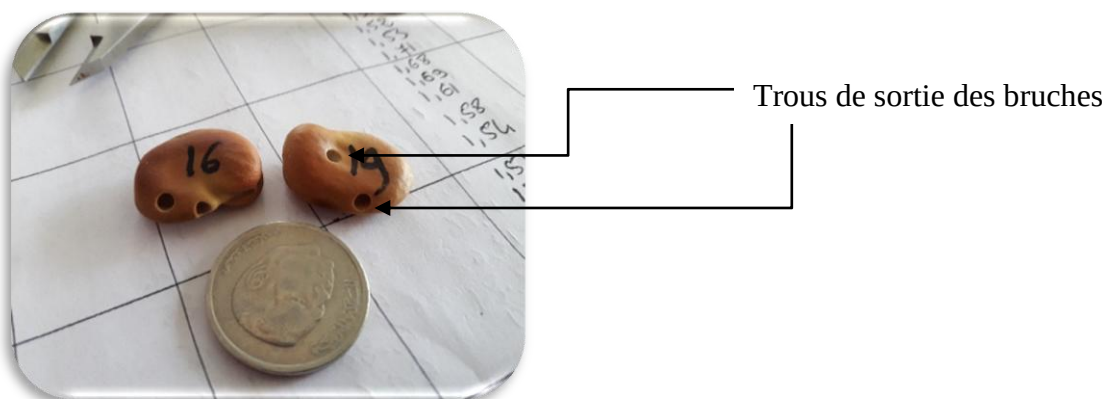


Figure 8 : Les trous de sortie des bruches.

5. Situations à risque

Les situations à risques sont :

- les zones attaquées l'année précédente.
- un environnement herbeux et boisé.

- les parcelles semées à proximité des silos de stockage des graines.

Le taux d'attaque par les bruches varie en fonction des populations étudiées, en remarquant qu'il n'y a pas une relation entre le nombre d'attaque et le poids d'une graine, donc ce n'est pas le poids de la graine ou sa masse qui conditionne l'attaque des bruches (figure 9), (El Yaagoubi, 2016).

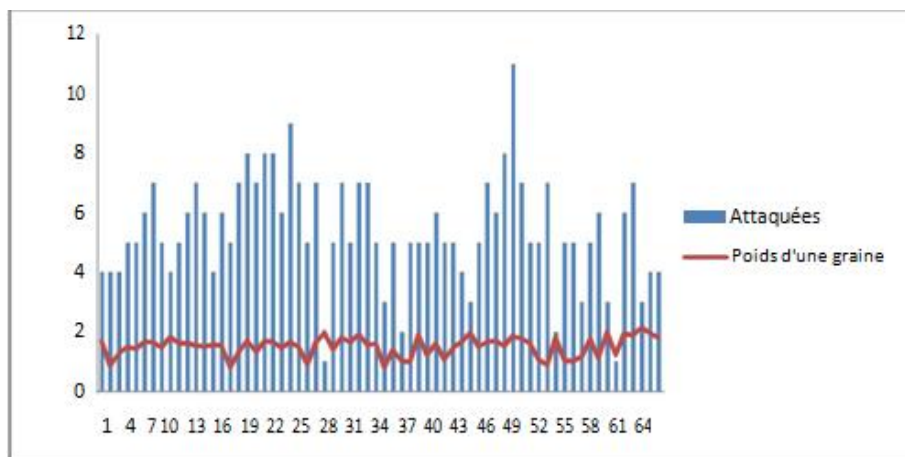


Figure 9 : Nombre d'attaques et le poids d'une graine.

6. Méthodes de lutte

La maîtrise des bruches du pois et de la fève est indispensable pour respecter les critères de qualité exigés par le marché. En effet, le taux de grains bruchés ne doit pas dépasser 10 % pour un débouché vers l'alimentation animale et seulement 1 à 3 % à destination de l'alimentation humaine. Par ailleurs, pour respecter les conditions de marchandise «saine, loyale et marchande» les lots de pois et de fève, comme les autres graines commercialisées, ne doivent comporter aucun insecte vivant.

Le premier traitement est déclenché à partir du stade jeunes gousses 2 cm, si les températures maximales journalières sont supérieures ou égales à 20°C pendant 2 jours consécutifs. Les autres traitements sont déclenchés suivant un rythme de 7 jours, si les fèves sont toujours en période sensible (jusqu'à fin floraison + 5 jours) et si les conditions climatiques sont toujours favorables aux vols de bruches.

Un traitement sera d'autant plus efficace que la température maximale se maintiendra à plus de 20°C pendant les 4 jours qui suivent l'intervention.

Il est nécessaire d'utiliser un volume d'au moins 150, voire 200 l/ha, pour assurer une bonne protection du tiers supérieur des plantes (partie de la plante en fleur).

a. Lutte au stockage

Deux types de produits sont homologués : un insecticide de contact et des fumigants. La fumigation présente l'avantage de détruire les larves à l'intérieur du grain et de ne laisser aucun

résidu sur les grains et dans l'environnement. Par contre, elle nécessite des silos étanches et un opérateur agréé. De ce fait, elle est rarement mise en œuvre.

Les insecticides de contact sont plus faciles à utiliser, mais ils ne tuent les insectes que quelques jours après leur sortie du grain. Il peut donc y avoir quelques insectes vivants au moment de la vente.

Dans tous les cas, il faut réaliser les interventions le plus tôt possible après la récolte, pour une meilleure efficacité et pour limiter la contamination des environs des silos par les insectes.

Il est à remarquer que le fait d'abaisser la température des grains ne permet pas de lutter contre les bruches. La baisse de température n'est nécessaire que pour assurer une bonne conservation des grains.

b. Lutte physique

La méthode physique consiste à éliminer directement les ravageurs par modification de leur environnement qui leur devient hostile, avec des températures de l'ordre de 45°C qui sont létales pour les insectes.

Serpeille (1991) indique que des traitements expérimentaux ont provoqué la destruction des bruches au niveau du stock : irradiation ultraviolette, hautes températures (supérieures à 35°C), basses températures (inférieure à 9°C).

c. Lutte biologique

Le principe de cette méthode de lutte consiste à introduire dans le milieu de vie des ravageurs un prédateur, un parasitoïde ou un microorganisme pathogène pour contrarier leur développement.

Selon Balachowsky (1962) et Mejdoub-Bensaad (2007), les ennemis naturels de la bruche de la fève sont peu nombreux. Ils citent *Sigalphus pallipes* Nees, *Sigalphus thoracicus* Curt, *Chremylus ribiginosus* Nees (Hymenoptera : Braconidae), *Triaspis similis* Szelp.

D'après Boughdad (1994), ce sont les parasitoïdes qui exercent l'impact régulateur le plus fort. *Sigalphus thoracicus* Curt est considéré comme le *Braconidae* qui occasionne les plus fortes mortalités chez les larves comme chez les nymphes.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Notre travail porte sur :

- l'étude de l'effet du génotype sur certaines caractéristiques morphologiques de la graine.
- le taux d'infestation des graines par les bruches.

I. Site expérimental

La présente étude a été entièrement réalisée au sein de l'Institut National de la Recherche Agronomique « INRA » dans le Domaine Expérimental de Douyet (Fès). Le domaine est géographiquement situé à 34°04'N, 5°07'W. Il s'agit d'un domaine expérimental implanté en zone Bour favorable de la plaine du Sais (Province de Moulay Yaacoub- Wilaya de Fès-Meknès). Il se situe à une altitude de 416 m, sur une superficie totale est de 440 ha.

II. Matériel végétal

Nous avons étudié 70 échantillons de semences de la récolte de la campagne agricole 2014-2015, avec :

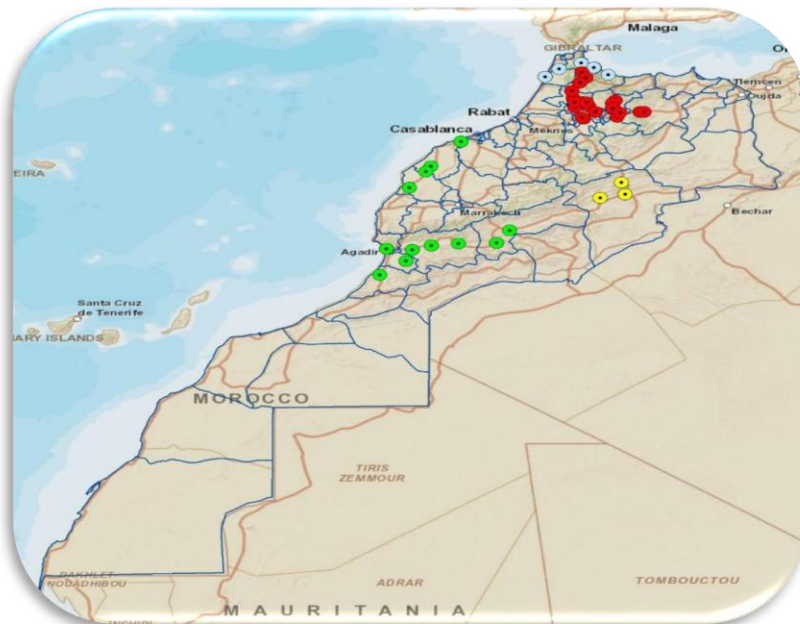
4 témoins (variétés) sont étudiés :

- Population 1 : DeFes
- Population 2 : Alfias5
- Population 3 : S87-182-6-m-4
- Population 4 : FH 1032

Soixante sept populations locales qui ont été collectées dans les principales régions de culture de la fève, févrette et fèverole (figure 10 et figure 11).



Figure 10 : Les différents populations de vicia faba.



 Juin 2012
  Novembre 2013
  Juillet 2013
  Mai 2014

Figure 11 : Carte géographique montrant les zones de collecte des populations de la fève, févrette et fèverole.

III. Paramètres biologiques étudiés

Paramètres biologiques des graines sont :

- **Poids des graines** : Ce poids a été calculé sur la base de 20 graines de chaque population.
- **Longueur**
- **Largeur**
- **Epaisseur**

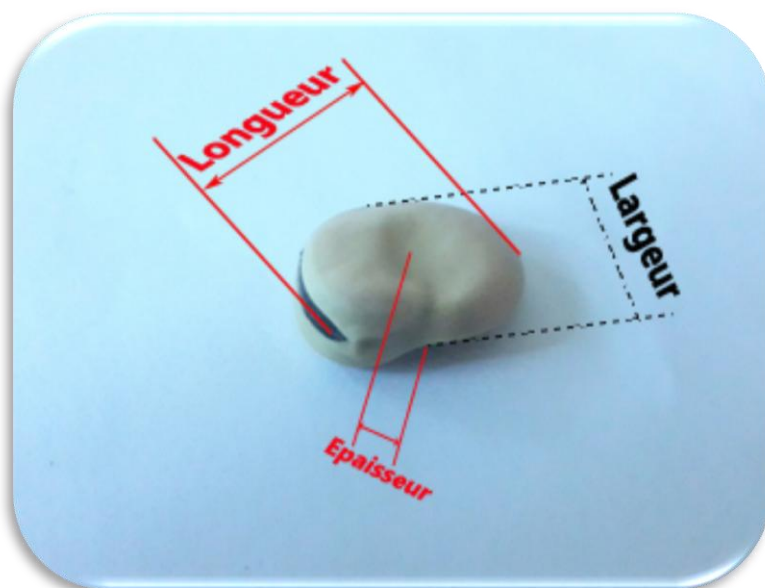


Figure 12 : Schéma montrant les différentes parties mesurées de la fève.

Les mesures ont été effectuées sur la base de 20 graines par population à l'aide du pied à coulisse électronique avec une précision de 0,01mm (Figure13)



Figure 13 : Pied à coulisse électronique.

A partir de la longueur, la largeur et l'épaisseur nous avons calculé **le diamètre géométrique** (D_g), **la sphéricité** (Φ) et **la surface** (S) ont été calculés, selon les formules suivantes (Altuntas et Yildiz, 2007) :

$$D_g = (\text{longueur} * \text{largeur} * \text{épaisseur})^{1/3}$$

$$\Phi = \frac{D_g}{\text{Longueur}} * 100$$

$$S = \pi. D_g^2$$

IV. Degré d'infestation par les bruches

Pour le calcul du degré d'infestation des graines des populations de *Vicia faba* par *Bruchus rufimanus*, nous avons compté le nombre de pontes et le nombre de trous observés sur la graine (figure 14). Ce comptage a été réalisé sur 20 graines pour chaque population.

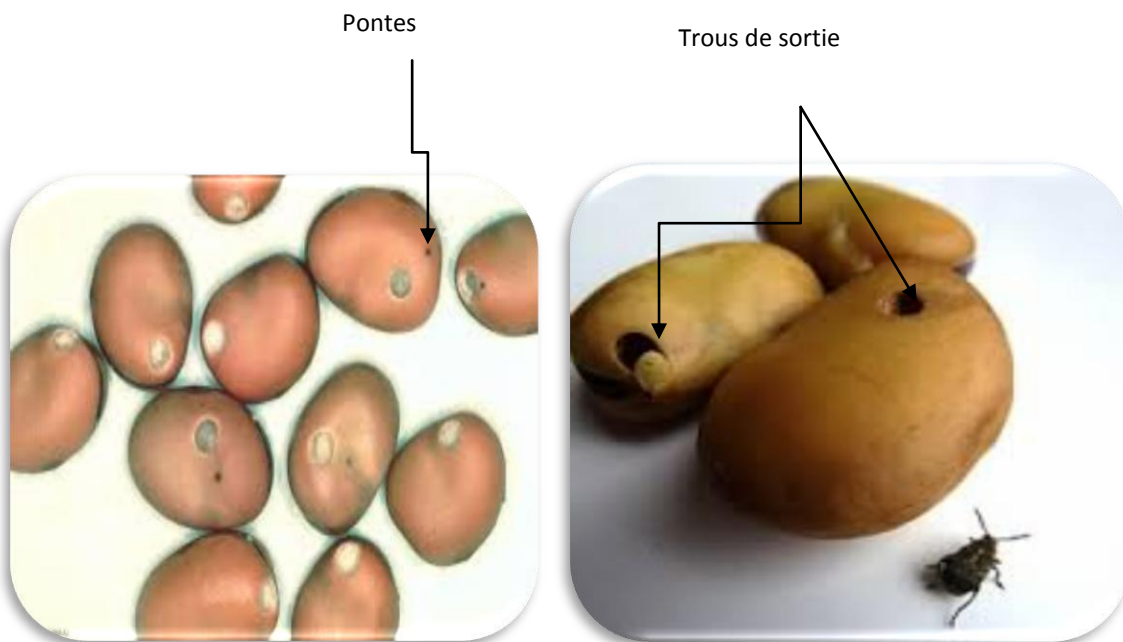


Figure 14 : Les trous et les pontes effectués par les bruches.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

I. Analyses des paramètres morphologiques de la graine

- Epaisseur moyenne.
- Longueur moyenne.
- Largeur moyenne.
- Poids d'une graine.

Les résultats des mesures effectuées sur les différents paramètres : longueur moyenne, largeur moyenne, épaisseur moyenne et le poids d'une graine des 70 populations étudiées sont représentés sur la figure ci-dessous :

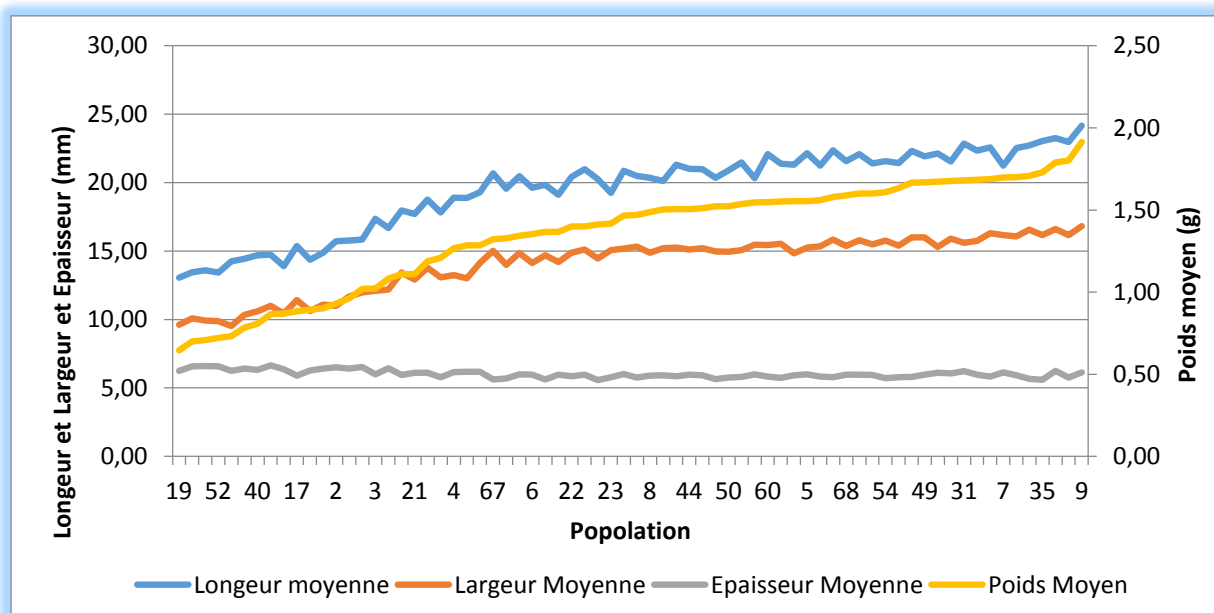


Figure 15 : Répartition des différents paramètres étudiés en fonction des populations.

D'après la figure 15 nous remarquons que l'évolution des paramètres mesurés telles que la longueur moyenne et la largeur moyenne des populations étudiées évoluent d'une manière relativement semblable, donc les courbes suivent la même tendance, contrairement à l'épaisseur moyenne qui évolue d'une manière qui est presque constante. Concernant le poids moyen, l'évolution est en fonction de la population étudiée (fève, fêvete ou bien fêverole).

1. Corrélations entre les différents paramètres étudiés

Tableau 1: Tableau de corrélations entre les différents paramètres étudiés.

Variables de contrôle			Longueur moyenne	Largeur Moyenne	Epaisseur Moyenne	Poids Moyen
Pop	Longueur moyenne	Corrélation	1,000	0,984	-0,700	0,983
		Signification (bilatérale)		0,000	0,000	0,000
	Largeur Moyenne	Corrélation		1,000	-0,719	0,981
		Signification (bilatérale)			0,000	0,000
	Epaisseur Moyenne	Corrélation		-	1,000	-0,664
		Signification (bilatérale)				0,000
	Poids Moyen	Corrélation				1,000
		Signification (bilatérale)				

Nous remarquons qu'il existe des fortes corrélations positives :

- Entre la longueur moyenne et la largeur moyenne
- Entre la longueur moyenne et le poids moyen
- Entre la largeur moyenne et le poids moyen

Et des corrélations moyennement négatives :

- Entre l'épaisseur moyenne et la longueur moyenne
- Entre l'épaisseur moyenne et la largeur moyenne
- Entre l'épaisseur moyenne et le poids moyen

2. Régression linéaire entre le poids moyen et la longueur moyenne

Tableau 2 : Tableau de Régression linéaire entre le poids moyen et la longueur moyenne :

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	test	Sig.
	B	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	-0,741	0,047		-15,592	0,000
Longueur moyenne	0,107	0,002	0,983	44,598	0,000

La relation entre le Poids moyen et la Longueur moyenne apparaît linéaire, elle est représentée par la droite de régression suivante:

$$\text{Poids moyen} = -0,741 + 0,107 \times \text{Longueur moyenne}$$

Avec $R^2 = 0,967$

3. Régression linéaire entre le poids moyen et la largeur moyenne

Tableau 3 : Tableau de Régression linéaire entre le poids moyen et la largeur moyenne :

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	Test	Sig.
	B	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	-0,830	0,052		-15,874	0,000
Largeur Moyenne	0,155	0,004	0,981	42,194	0,000

La relation entre le Poids moyen et la Largeur moyenne apparait linéaire, elle est représentée par la droite de régression suivante:

Poids moyen = -0,830+0,155×Largeur moyenne

Avec $R^2= 0,963$

4. Régression linéaire entre le poids moyen et l'épaisseur moyenne

Tableau 4 : Tableau de Régression linéaire entre le poids moyen et l'épaisseur moyenne :

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	6,170	0,654		9,431	0,000
Epaisseur Moyenne	-0,800	0,109	-0,666	-7,370	0,000

La relation entre le Poids moyen et l'épaisseur moyenne apparait linéaire, elle est représentée par la droite de régression suivante:

Poids moyen = 6,170-0,800×L'épaisseur moyenne

Avec $R^2= 0,444$

II. Diamètre géométrique moyen, la sphéricité moyenne, la surface et le poids d'une graine

Le poids moyen est un paramètre qui a une relation avec le dg moyen, la sphéricité moyenne et la surface de la graine de *Vicia faba*.

Le poids moyen de toutes les populations (fève, fèves, et fêveroles) est de 1,35g, et varie entre 0,65g et 1,91g (figure16).

1. Le poids moyen et la Surface

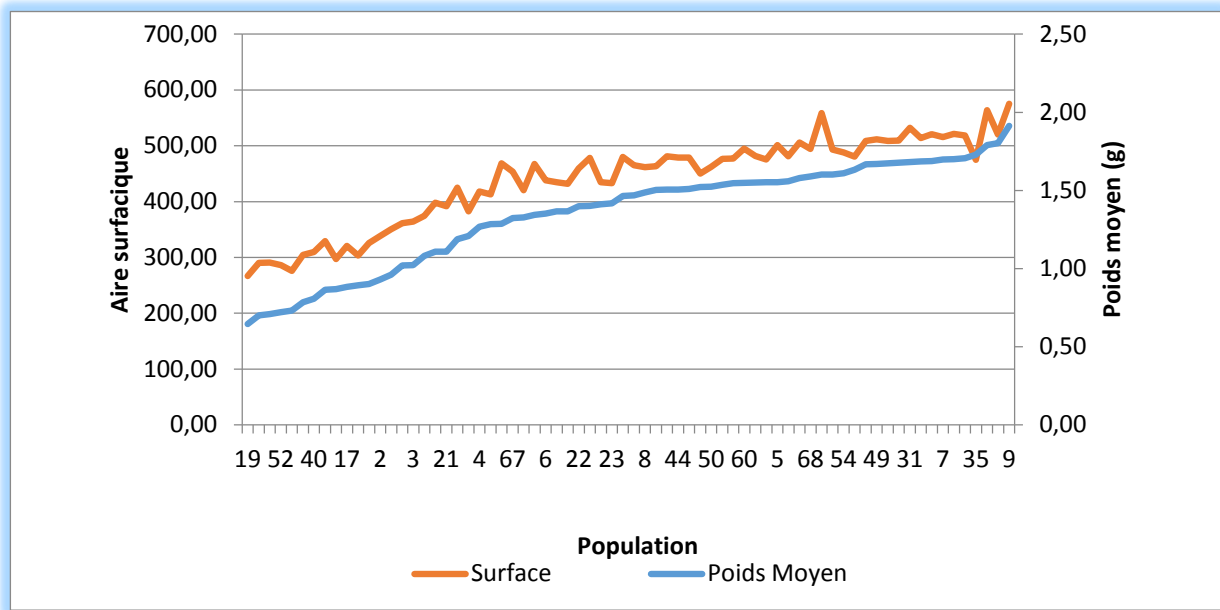


Figure 16 : Répartition de la surface et le poids moyen selon les populations

Nous remarquons que la surface augmente quand le poids moyen augmente, donc pour la fève l'aire surfacique est élevée car le poids moyen des graines est élevé. Et inversement pour la fèverole, l'aire surfacique est faible car le poids moyen des graines est faible (figure 16).

2. Dg moyen, la sphéricité moyenne et Le poids moyen

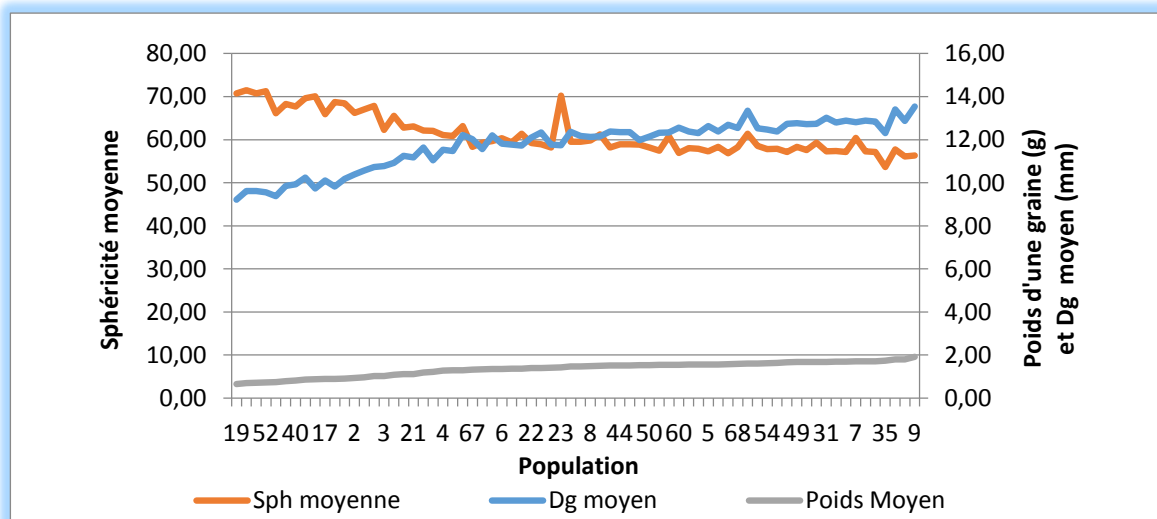


Figure 17 : Répartition de la sphéricité moyenne, le Dg moyen, et le poids moyen selon les populations.

Nous avons remarqué que de la sphéricité moyenne diminue quand le poids moyen augmente, contrairement au Dg qui varie dans le même sens avec le poids d'une graine.

Le Dg et le poids d'une graine varient dans le sens opposé avec la sphéricité, ce qui caractérise la fève et la fèverole (figure 17).

Donc nos résultats sont en accord avec ceux d'El Yaagoubi (2016) et ceux du Altuntas et Yildiz, (2007), qui ont montré que pour la fève la valeur la sphéricité augmente et celle de Dg diminue et pour la fève la sphéricité décroît et Dg augmente.

1. Corrélations entre les différents paramètres étudiés

Tableau 5 : Tableau de corrélations entre le Dg moyen, la sphéricité moyenne, surface et poids d'une graine

Variables de contrôle			Dg moyen	Sphéricité moyenne	Poids Moyen	Surface
Pop	Dg moyen	Corrélation	1,000	-0,892	0,977	0,999
		Signification (bilatérale)		0,000	0,000	0,000
	Sphéricité moyenne	Corrélation		1,000	-0,905	-0,886
		Signification (bilatérale)			0,000	0,000
	Poids Moyen	Corrélation			1,000	0,977
		Signification (bilatérale)				0,000
	Surface	Corrélation				1,000
		Signification (bilatérale)				

Nous remarquons qu'il existe des fortes corrélations positives :

- Entre le Dg moyen et la sphéricité
- Entre la sphéricité et poids moyen
- Entre la sphéricité et la surface

Nous remarquons qu'il existe des fortes corrélations négatives :

- Entre le Dg moyen et le poids moyen
- Entre le Dg moyen et la surface
- Entre le poids moyen et la surface

2. Régression linéaire entre la surface et le poids moyen

Tableau 6 : Tableau de Régression linéaire entre la surface et le poids moyen

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	118,261	8,764		13,494	0,000
Poids Moyen	236,333	6,296	0,977	37,539	0,000

La relation entre l'aire surfacique et le poids moyen apparait linéaire, elle est représentée par la droite de régression suivante:

$$\text{Aire surfacique} = 118,26 + 236,33 \times \text{Poids moyen}$$

Avec $R^2 = 0,954$

3. Régression linéaire entre le Dg moyen et le poids moyen

Tableau 7 : Tableau de Régression linéaire entre le Dg moyen et le poids moyen

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	7,266	0,122		59,380	0,000
Poids Moyen	3,321	0,088	0,977	37,775	0,000

La relation entre le Dg moyen et le poids moyen apparait linéaire, elle est représentée par la droite de régression suivante:

$$\text{Dg moyen} = 7,266 + 3,321 \times \text{Poids moyen}$$

Avec $R^2 = 0,955$

4. Régression linéaire entre la sphéricité moyenne et le poids moyen

Tableau 8 : Tableau de Régression linéaire entre la sphéricité et le poids moyen

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	78,388	1,005		77,981	0,000
Poids Moyen	-12,626	0,722	-0,904	-17,484	0,000

La relation entre la sphéricité moyenne et le poids moyen apparait linéaire, elle est représentée par la droite de régression suivante:

$$\text{Sphéricité moyenne} = 78,388 - 12,626 \times \text{Poids moyen}$$

Avec $R^2 = 0,818$

5. Régression linéaire entre la sphéricité moyenne et le Dg moyen

Tableau 9 : Tableau de Régression linéaire entre la sphéricité et le Dg moyen

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	104,405	2,655		39,329	0,000
Dg moyen	-3,665	0,225	-0,892	-16,308	0,000

La relation entre la sphéricité moyenne et le Dg moyen apparaît linéaire, elle est représentée par la droite de régression suivante:

$$\text{Sphéricité moyenne} = 104,405 - 3,665 \times \text{Dg moyen}$$

Avec $R^2 = 0,796$

III. Analyse du degré d'infestation par les bruches

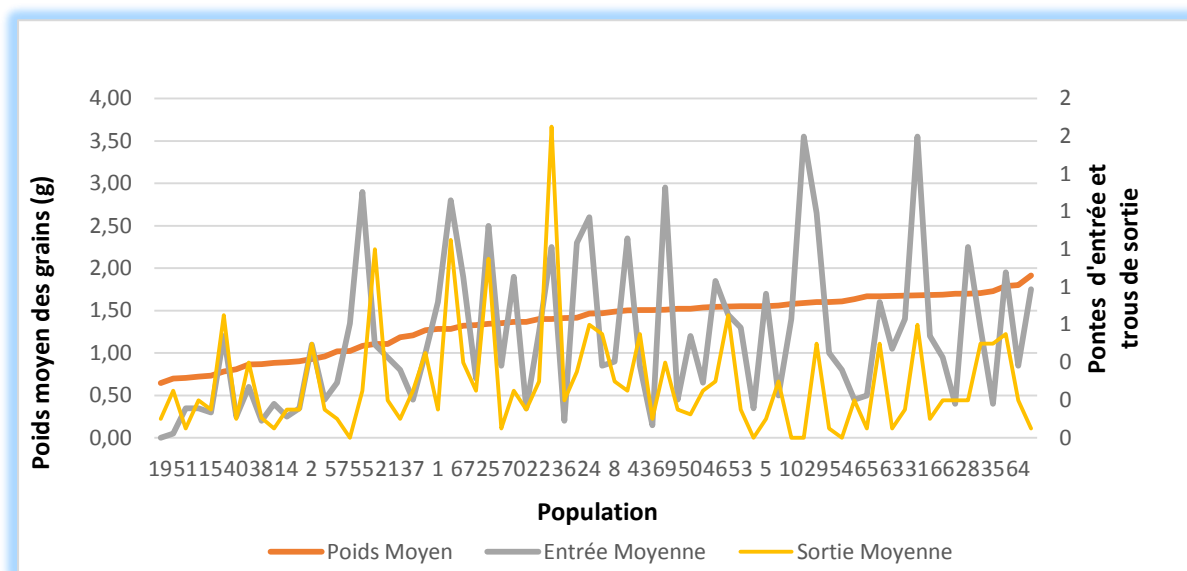


Figure 18 : Pontes, trous de sortie et le poids d'une graine.

Les résultats obtenus ont montré que le taux d'attaque par les bruches varie en fonction des populations étudiées (figure18).

A propos du poids des graines, il varie d'une manière semblable pour toutes les populations. Alors nous remarquons qu'il n'y a pas une relation entre le nombre d'attaque et le poids d'une graine.

Alors ce n'est pas le poids de la graine ou sa masse qui conditionne l'attaque des bruches. Comme déjà citée dans la partie bibliographique, l'attaque des bruches se manifeste au champ et débute pendant la phase de floraison.

Donc nos résultats sont en accord avec ceux d'El Yaagoubi (2016) et ceux du Altunas et Yildiz, (2007), qui ont montré que le taux d'attaque par les bruches varie en fonction des populations étudiées.

CONCLUSION

La culture des fèves au Maroc est très importante dans la filière des légumineuses alimentaires. Elle occupe environ la moitié de la superficie emblavée en légumineuses alimentaires. Cependant cette culture souffre de nombreuses contraintes abiotiques (comme les variations climatiques) et biotiques (comme les maladies cryptogamiques, l'orobanche et le puceron).

Des populations locales de fève, féverole et févette ont été collectées de 2012 à 2014 des différentes régions du Maroc. La caractérisation des graines a permis de décrire ces populations, d'estimer le degré de corrélation et de variabilité de leurs caractéristiques.

Les résultats obtenus à partir de l'analyse des paramètres morphologiques des graines des populations, nous ont indiqué que l'évolution de ces derniers est fonction de la population étudiée (fève, févette et féverole). Ainsi que les données calculées, telles que le diamètre géométrique moyen, la sphéricité moyenne et l'aire surfacique, eux même évoluent en fonction de la population étudiée, car pour la fève la sphéricité est faible par contre le dg moyen et l'aire surfacique est élevé contrairement pour la féverole. Avec des corrélations soit négativement fortes entre le Dg moyen et la sphéricité, entre la sphéricité et poids moyen et entre la sphéricité et la surface, ou bien des corrélations positivement fortes entre le Dg moyen et le poids moyen, entre le Dg moyen et la surface et entre le poids moyen et la surface.

Concernant le taux d'attaque par les bruches, les résultats obtenus indiquent que l'attaque varie en fonction des populations étudiées et non pas le poids moyen de la graine.

En perspective, les résultats de cette étude va nous servir pour l'enrichissement de la base de données concernant ces populations de *Vicia faba*. Elle servira de base pour le travail d'amélioration.

En se référant à la base de données, l'améliorateur pourra retenir les populations pouvant être intéressantes pour atteindre ses objectifs et puis par la suite, les tester dans les zones agro-écologiques visées par son programme.

La collecte de *Vicia faba* L. devra être poursuivie dans d'autres régions du Maroc, afin de couvrir une plus grande diversité génétique de ces populations. En effet, vu que le Maroc est considéré comme l'un des principaux centres de diversité de *Vicia faba* L., nous sommes encore loin d'avoir collecté un maximum de la variabilité existante.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alaoui B., 2000.** Référentiel pour la conduite technique de la fève (*Vicia faba*).96p.
- 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.
- Balachowsky A. S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed Mason et Cies, Tome I, Vol I, 564p.
- Boughdad A., 1996.** Bruchus rufimanus, un insect ravageur des graines de V. faba L., au Maroc. Réhabilitation of faba bean. Ed Actes, pp 179-184.
- Brink M, Belay G (2006).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : céréales et légumes secs Prota, pays. Bas pp.221-223.
- Casari S. A. et Teixeira E.P., 1997.** Description and bioecological notes of final larval instar of some seed beetles (Coleoptera : Bruchidae). Annales de la société entomologique de France Vol 33, N°3, pp295-323.
- Chaieb N., Bouslama M., Mars M., 2011.** Growth et yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* ,L).génotype.J.Nat.Prod.Plant resour .1(2) :81-90pp.
- Crepton K., et Marget P., Peyronnet C., Carrouée B., Arese P., Duc G., 2010.** Nutritionnal value of faba bean (*Vicia faba* L.). Seed for feed and food .Field crops research. 115 : 329_339pp.
- Dajoz, R., 2000.** Eléments d'écologie. Ed. Bordas. Paris,5^{ème} édition. in : .Mémoire de master. UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH.114p, Maroc. 631pp.
- Duc G., 1997.** Faba bean (*Vicia faba* L).Field Crops Research 53.99-109pp.
- Dupont P., 1990.** Contribution à l'étude des populations de la bruche de la fève Bruchus rufimanus (BOH). Analyse des relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte. Thèse de doctorat d'état Université de Tours, 168p.
- El Bakkali Nezha, 2011.** Amélioration génétique de la fève et de la féverole : Mesure des différents paramètres morphologiques. Mémoire de fin d'études. Université Sidi Mohamed
- El Yaagoubi, 2016.** Caractérisation des graines de populations locales de *Vicia faba* et l'évaluation de leur infestation par Bruchus rufimanus
- FAOSTAT, 2017.** <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=fr#ancor>, Mai 2017.

- Fatemi, Z. 1996.** Situation de la Culture des Fève au Maroc. In: Rehabilitation of Faba Bean. Bertenbreiter W .and M. Sadiki (Eds.), 33-38.
- Hoffman A., 1945.** Faune de France : Coléoptères bruchides et anthribides. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles. 187 p.
- Hoffman A., et Labeyrie V., 1962.** Sous famille des Bruchidae in Balachowsky A.S., Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, Volume I, Tome I, Ed Masson et Cie .
- Larralde J., Martinez J.A., 1991.** Nutritionnal value of faba bean (*Vicia faba* L.).effet ef nutrient utilization,protein turnover and immunity.options méditerranéennes N°.10 :111-117pp.
- Lazrak A., and Sadiki M., 1998.** Projet AMELIORATION DE LA CULTURE DES LEGUMINEUSES ALIMENTAIRES. Fiche technique de la fève et la féverole.26p.
- Le Guen, J., and G. Duc. 1992.** La féverole. In «Amélioration des espèces végétales cultivées», Gallais A., Bannerot H. (Eds.) : 189-203.
- Lim T.K (2012).** *Vicia faba*. Fruits. 2 :925-936
- Maatougui, M. E. H., 1996.** Situation de la culture des Fèves en Algérie et perspectives de relance. In: Rehabilitation of Faba Bean. Bertenbreiter W .and M. Sadiki (Eds.), 33-38.
- Mbida F., 2014.** Evaluation de populations locales de fèves et féveroles vis-à-vis du stress hydrique.Mémoire.Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Ben Abdellah, Maroc.
- Mejdoub Bensaad, 2007.** Etude bioécologique de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH. 1833) (Coleoptera : Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques, U.M.M.T.O., 126p.
- ONICL, 2015.** Office national interprofessionnel des céréales et des légumineuses 2015
- Patrick J.W, Stoddard F.L (2010).** Phydology of flowering and grain filling in faba bean Field Crops Research. 115: 234-242.
- Pédrón J-Y(2006).** Références Productions légumières. Lavoisier 2ème édition, Paris, pp. 366-367.
- Pérez-de-luque A., Eizenberg H., Greng JH ., sillero JC ., Avila C., Sauerborn J., Rachef S.A ., Ouamer F., Ouffroukh A., 2005.** Inventaires de ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisations).Recherches Agronomiques.16 :36-41pp.
- Rubiales D., 2010.** Broomrape management in faba bean . Field crops research. 115 : 319_328pp.
- Sadiki, M. 1985.** Collecte des populations locales des légumineuses alimentaires au Maroc. Rapport de mission de collecte. IAV Hassan II, DAAP, Rabat
- Serpeille A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile ; bulletin. F.N.M.S N°116, pp 32-54.

Sillero JC., Villegas-Fernandez AM., Thomas J., Rojas-Molina MM., Emeran AA., Fernandez-Aparicio M., Rubiales D., 2010. Faba bean breeding or disease resistance . Field crops research. 115 : 297-307pp.

Tripp R., 2011. The Impacts of Food Legume Research in the CGIAR: A Scoping Study.

Pédron J-Y(2006). Références Productions légumières. Lavoisier 2ème édition, Paris, pp. 366-367.

