



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
Faculté des Sciences et Techniques



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques
"Biotechnologie et Valorisation des PhytoRessources"

**La contribution à l'analyse de la variabilité de la
croissance et du développement reproducteur
chez la féverole**

Présenté par :

MOUSSAMIH Youssra

Encadré par :

- Pr. FATEMI Zain El Abidine (INRA-Meknes)
- Pr. Lahsen El Ghadraoui (FST-FES)

Soutenu le 06 juin 2017, devant le jury composé de :

- Pr. FATEMI Zain El Abidine (INRA)
- Pr. EL GHADRAOUI Lahsen (FST-FES)
- Pr. Mikou Karima (FST-FES)

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2016/2017

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents : MOUSSAMIH Abdelilah et BERRADA GOUZI Asmae pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

À ma sœur Rim, pour son encouragement permanent, son soutien moral, et son appui. *Que Dieu lui accorde succès et bonheur.*

À la mémoire de mon frère Achraf, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

Mes dédicaces vont ensuite à **mes grand-mères** et à l'ensemble de ma famille paternelle et maternelle pour leur soutien, tout au long de mon parcours universitaire. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible, merci d'être toujours là pour moi.

Je dédie enfin, ce travail à tous mes enseignants de la FST pour leurs efforts, leur disponibilité et à tous les étudiants et étudiantes de ma promotion.

Remerciements

Tout d'abord je voudrais remercier Dieu qui m'a donné la patience et le courage durant ces années d'étude et m'avoir guidé vers le bon chemin.

Je tiens à remercier tout particulièrement, Mr. Fatemi Zain EL Abidine, chercheur à l'INRA du Meknès (Maroc) en tant qu'encadrant pour ses précieuses informations qu'il m'a données pour faciliter la compréhension du sujet, son aide au suivi de ce projet malgré ses nombreuses occupations et surtout sa gentillesse, son enthousiasme et sa patience.

Je tiens aussi à remercier Mr. EL GHADRAOUI Lahsen, Professeur de Biologie à la Faculté des Sciences et des Techniques de Fès, pour ses conseils, ses corrections et ses orientations au cours de son encadrement.

Mes plus vifs remerciements au professeur Madame Mikou Karima, de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, qui a bien accepté de lire et juger mon travail.

Un grand merci chaleureux à toute ma famille qui m'a conseillée et encouragée tout au long de la préparation de ce travail.

Finalement, je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, au bon acheminement de cette formation

À vous tous et toutes un grand merci.

Liste des figures

| | | |
|------------|---|------|
| figure 1 A | Système racinaire de fève | P 3 |
| Figure 1 B | Tiges et feuilles de fève | P 3 |
| Figure 2 | Variation de température et précipitation au niveau de domaine expérimental Douyet dans la campagne 2016/2017 | P 8 |
| Figure 3 | Schéma du dispositif expérimental | P 9 |
| Figure 4 | Hauteur de la tige principale en fonction de la somme des températures | P 12 |
| Figure 5 | Épaisseur de la tige principale en fonction de la somme des températures | P 13 |
| Figure 6 | Nombre moyen de tiges secondaires en fonction de la somme des températures | P 14 |
| Figure 7 | Nombre moyen des nœuds de tige principale en fonction de la somme des températures | P 15 |
| Figure 8 | Nombre moyen des nœuds de tige secondaire en fonction de la somme des températures | P 16 |
| Figure 9 | Nombre moyen d'inflorescences par tige principale en fonction de la somme des températures | P 17 |
| Figure 10 | Nombre moyen d'inflorescences par tige secondaire pour les trois variétés en fonction de la somme des températures | P 18 |
| Figure 11 | Nombre moyen de gousses par tige principale en fonction de la somme des températures | P 19 |
| Figure 12 | Nombre moyen de gousses par tige principale en fonction de la somme des températures | P 19 |
| Figure 13 | Nombre moyen des graines par tige principale en fonction de la somme des températures | P 20 |
| Figure 14 | Nombre moyen des graines par tige secondaire en fonction de la somme des températures | P 21 |
| Figure 15 | Nombre total de graines par plante en fonction de la somme des températures | P 21 |
| Figure 16 | rang fructifère par tige secondaire en fonction de la somme des températures. | P 22 |

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction générale | 1 |
| Revue bibliographique | |
| I. Généralités..... | 2 |
| 1. Systématique | 2 |
| 2. Description botanique de la plante | 3 |
| 3. Origine..... | 5 |
| 4. Cycle biologique..... | 5 |
| 5. Facteurs d'environnement | 5 |
| 5.1. Climat | 5 |
| 5.2. Sol et nutrition minérale | 6 |
| 6. Valeur nutritionnelle..... | 6 |
| 7. Intérêt agronomique | 6 |
| II. Composantes du rendement..... | 7 |
| Matériel et méthodes | |
| I. Description du Site expérimental | 8 |
| II. Protocole expérimental..... | 8 |
| 1. Dispositif expérimental | 9 |
| 2. Itinéraire technique..... | 10 |
| 3. Paramètres biologiques étudiés | 10 |
| 4. Choix d'une échelle de temps adéquate | 10 |
| 5. Traitement des données | 11 |
| Résultats et discussions | |
| I. Suivi de la phénologie de la plante..... | 12 |
| 1. Évolution de la hauteur moyenne de la tige principale | 12 |
| 2. Évolution de l'épaisseur moyenne des tiges principales | 12 |
| 3. Évolution de nombre moyen de tiges secondaires..... | 13 |
| 4. Évolution de nombre moyen de noeuds par tige principale | 14 |
| 5. Évolution de nombre moyen de noeuds par tige secondaire | 15 |
| 6. Évolution de nombre moyen de fleurs par tige principale..... | 16 |
| 7. Évolution de nombre moyen de fleurs par tige secondaire | 17 |
| 8. Évolution de nombre moyen des gousses par tige principale..... | 18 |

| | | |
|-----|---|-----------|
| 9. | Évolution de nombre moyen des gousses par tige secondaire..... | 19 |
| II. | Nombre des graines par tig..... | 20 |
| 1. | Évolution de nombre moyen des graines par tige principale | 20 |
| 2. | Évolution de nombre moyen des graines par tige secondaire | 20 |
| 3. | Nombre total de graines par plante..... | 21 |
| 4. | Rang fructifère par tige principale..... | 22 |
| 5. | Rang fructifère par tige secondaire..... | 22 |
| | Conclusion générale..... | 23 |
| | Références bibliographiques..... | 24 |

RESUME

La culture de la fève (*Vicia faba*) a une grande importance, dans la filière des légumineuses alimentaires au niveau national, du fait qu'elle occupe en moyenne à peu près la moitié de la superficie emblavée en légumineuses alimentaires, d'où l'étude de la variabilité de la croissance de cette plante s'avère nécessaire.

La présente étude a été conduite, au cours de l'année universitaire 2016/2017 au sein de l'institut National de la Recherche Agronomique de Meknès et plus particulièrement dans le Domaine de Douyet, et a pour objectif d'étudier la variabilité de la croissance et du développement de trois variétés de féverole. Elle nous a permis de décrire ces variétés, de suivre le degré de la variabilité de leurs caractéristiques morphologiques et d'étudier les principales composantes du rendement.

Les résultats obtenus montrent que la température et les précipitations agissent sur la croissance et le développement de la féverole et que les composantes du rendement sont variables d'une variété à l'autre. Ainsi, le développement végétatif chez la variété MULT 5 est très important par rapport aux autres variétés. Tant que le nombre d'inflorescences évolue de la même manière pour les trois variétés, la chute observée est due aux conditions climatiques ou à la fin de floraison.

La comparaison entre le nombre total de graines des trois variétés montre que la variété MULT 5 est la plus productive que les deux autres variétés.

Mot clefs : *Vicia faba*, féverole, variabilité, croissance, développement, rendement.

Les légumineuses alimentaires sont considérées comme des plantes à graines les plus cultivées par l'homme et existent depuis longtemps au Maroc, et leurs adaptations au milieu, les rendent présentes dans la plupart des régions du monde.

Au Maroc, la culture des légumineuses alimentaires occupe 6 à 8% de la superficie agricole utile, soit la seconde place après les céréales (Fatemi, 1996). La fève occupe 56% de la superficie emblavée en légumineuses alimentaires. Elle est suivie du pois chiche (19%), de la lentille (14%) et du pois (9%) (FAOSTAT, 2016). Sa production se trouve concentrée dans la zone centre-nord à savoir Taounate, Taza et Fès. En moyenne, 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 1520kg/ha (1974) et 180 kg/ha (1993) (Fatemi, 1996)

Grâce à ses multiples rôles, la féverole reste une composante essentielle dans les systèmes de production agricole marocaine. Source importante de protéines, la fève constitue un complément important des rations alimentaires tant humaines qu'animales.

Malgré cette importance, la superficie emblavée annuellement par la fève n'a pas cessé de régresser durant les dernières décennies. Ceci semble être dû au fait que la culture de la fève est devenue peu, voire non rentable. D'une part, les rendements sont très faibles à cause d'un certain nombre de contraintes d'ordre techniques, climatiques et culturelles et, d'autre part, les coûts de production sont élevés, notamment à cause de la forte implication de la main-d'œuvre dans les différentes opérations de production. Sur le plan technique, la fève est encore cultivée d'une manière traditionnelle, caractérisée par un travail grossier de sol, un semis tardif et un très faible entretien de la culture.

Mon stage, effectué au sein de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), a pour objectif la contribution à l'analyse de la variabilité de croissance et du développement reproducteur chez la féverole. Pour se faire, dans un premier temps nous avons une introduction générale exposant notre objectif, suivie d'une revue bibliographique présentant une synthèse des données générales sur notre sujet. Dans un deuxième temps, nous avons une partie expérimentale englobant les différentes mesures effectuées et en dernier lieu, nous avons exposé les résultats obtenus suivis d'une conclusion générale.

I. Généralités

1. Systématique

Selon Sanchez et ses collaborateurs (2008), la fève est classée botaniquement comme suit :

| | |
|--------------|------------------------|
| Règne | : Végéta |
| Division | : Magnoliophyta |
| Classe | : Magnoliopsida |
| Ordre | : Fabales |
| Famille | : Fabaceae |
| Sous-famille | : Faboideae |
| Tribu | : Vicieae |
| Genre | : <i>Vicia</i> |
| Espèce | : <i>Vicia faba</i> L. |

La fève est subdivisée selon la taille des graines en 3 sous-espèces (Nuessly et al., 2004) qui sont :

-*Vicia faba* var. *minor* Beck ou féverole et *Vicia faba* var. *equina* Pers ou févette, dont les graines sont respectivement de petite taille et de taille moyenne. Elles sont principalement cultivées pour l'alimentation animale ou comme engrais vert.

-*Vicia faba* var. *major* Harz, ou fève proprement dit, se distingue par la taille importante de ses graines. Elle est destinée à l'alimentation humaine.

Il est à noter que *V. faba minor*, *V. faba equina* et *V. faba major* se regroupent dans le sous-groupe des *Eu faba* (Duc, 1997).

2. Description botanique de la plante

La fève et la féverole sont des plantes de la même espèce, *Vicia faba* (Doré et Varoquaux, 2006).

Vicia faba est une plante annuelle herbacée à tige creuse et de section carrée à croissance indéterminée (Duc, 1997), diploïde et partiellement allogame (Wang et al., 2012). Elle est formée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur. L'appareil végétatif comprend : les racines, la tige et les feuilles. Quant à son appareil reproducteur, il est formé par les fleurs qui sont à l'origine des fruits et des graines.

- **Système racinaire** : formé par une racine principale et des racines secondaires (Duc, 1997) (figure 1 A).
- **Tige** : simple et dressée creuse de section quadrangulaire, sa hauteur est généralement comprise entre 0,80 à 1,20m, bien que certaines variétés naines, aujourd'hui abandonnées, ne dépassent pas 40cm (Chaux et Foury, 1994) (figure 1 B).
- **Feuilles** : sont alternes, composées-pennées, constituées de 2 ou 4 paires de folioles, d'un vert glauque ou grisâtre ; le rachis se termine par une arrête étroite, droite ou courbe, mais non enroulée en vrille, qui représente la foliole terminale. Les feuilles sont accompagnées de deux larges stipules bien visibles en forme dentée (Chaux et Foury, 1994) (figure 1 B).

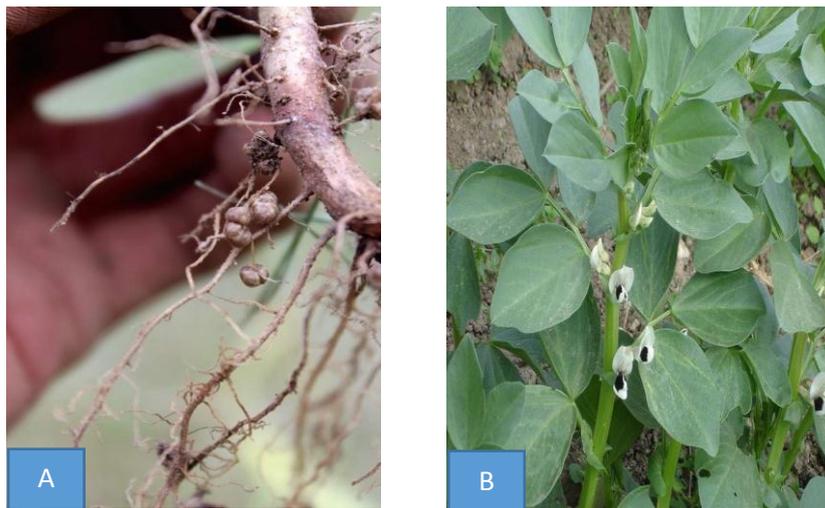


Figure 1 : Appareil végétatif de la fève : A : Système racinaire ; B : tige et feuilles.

- **Fleurs** sont hermaphrodites et possèdent une structure papilionacée typique : la corolle est constituée de cinq pétales inégaux; un étendard, deux ailes latérales et deux

inférieures soudées sur leurs bords externes constituant la carène. Le calice est formé de cinq sépales soudés. Chaque fleur comporte dix étamines, dont la plus haute est libre et les neuf autres unies, en une gaine renfermant l'ovaire. L'unique ovaire comprend deux à neuf ovules, parfois dix (Bond et Poulsen, 1983). Elles sont de couleur blanche, marron ou violette et portent sur chaque aile une macule noire ou marron (Duc, 1997). La couleur est un indicateur de la présence des tanins dans les téguments de la graine chez cette espèce (Singhet et Tomer, 1988). En effet, l'absence de la pigmentation des fleurs signifie que les graines ne contiennent pas les tanins.

La floraison débute en moyenne au niveau du 7^{ème} nœud et continue jusqu'aux 20 nœuds suivants (Brink et Belay, 2006).

La reproduction est partiellement allogame contrairement aux autres légumineuses qui sont essentiellement autogames. La pollinisation est entomophile et assurée surtout par les abeilles, pour la plupart des cas. Ainsi, on peut remarquer une allopollinisation 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).

- **Fruits :** sont des gousses larges, faiblement pubescentes, qui sont érigées pour la féverole et pendantes ou horizontales pour la fève. Selon le type, la gousse peut être plus ou moins longue de (10 à 20 cm) et contenir un nombre très variable de graines (3 à 9). À l'état jeune, la gousse est verte et dressée, puis retombe lors de la maturation du grain. En fin d'évolution, elle se ride et prend une coloration noire (Chaux et Foury, 1994). Les gousses sont pourvues d'un bec et elles sont renflées au niveau des graines (Brink et Belay, 2006).
- **Graines :** sont les plus volumineuses de toutes les espèces légumières, charnues de couleur vert tendre à l'état mature. A complète maturité, elles développent un tégument épais et coriace, de couleur brune rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à contour presque circulaire ou réniforme (Chaux et Foury, 1994).

Les graines contiennent en moyenne 55% de glucides, 21% de protéines, 1,4% de lipides, leur poids peut varier très sensiblement (de 0,9 g à plus de 2,5 g selon les variétés. (Chaux et Foury (1994) rapportent que la faculté germinative de la graine peut se maintenir 6 à 10 ans et même au-delà et que la graine est à germination hypogée, c'est-à-dire que les cotylédons restent en terre et c'est l'épicotyle qui émerge du sol.

Les féveroles désignent alors, la variété *minor*, dont les graines qui font entre 0,4 et 0,8 gramme et qui sont cultivées principalement pour l'alimentation animale.

3. Origine

D'après Saxena (1991), l'origine de la fève n'est pas encore claire, il a été longtemps pensé qu'elle était originaire de la méditerranée de l'Asie ou de l'Ouest. D'autres auteurs (Nuessly, 2004 et Mikic, 2011), la considèrent originaire d'Asie centrale.

4. Cycle biologique

Vicia faba est une plante annuelle, son cycle complet, est d'environ 5 mois.

5. Facteurs d'environnement

5.1. Climat

Température :

La fève supporte les faibles gelées, ne dépassent pas -3°C , et les fortes chaleurs néfastes (arrêt de croissance, chlorose) et peuvent même anéantir complètement la végétation ; à un degré moindre, elles nuisent à la qualité du grain, le rendant précocement amer (Chaux et Foury, 1994). Il a été rapporté qu'une température moyenne aux alentours de 13°C est optimale pour la croissance de la féverole (Brink et Belay, 2006).

Besoins en eau :

Les besoins en eau sont très importants et particulièrement au stade de croissance, ainsi, des irrigations doivent être pratiquées, pendant le stade de floraison et de formation des gousses, dans les régions à faibles précipitations (Loss et Siddique, 1997 ; Jensen et al., 2010).

Selon Brink et Belay (2006), la féverole nécessite une pluviométrie annuelle de 700 à 1000mm, dont plus de 60% doivent tomber pendant la période de croissance.

Longueur de jour :

La féverole 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).

5.2. Sol et nutrition minérale

La fève ne présente pas d'exigences spécifiques, au regard de la nature des sols, tant que ceux-ci, soient sains, suffisamment profonds et sans excès de calcaire.

Les cultures hivernales et de première saison, tirent profit de sols plutôt légers (sablo-argileux humifères) ; se réchauffant et se ressuyant facilement. Ces derniers, favorisent la précocité et un bon état sanitaire. Les cultures de pleine saison réussissent mieux dans les terres un peu fortes, gardant mieux la fraîcheur (Chaux et Foury, (1994).

D'après Brink et Belay (2006), la féverole préfère les sols bien drainés au pH neutre (6.5-7.5) et à fertilité moyenne.

La fève a un enracinement profond et puissant, lui permettant d'exploiter les réserves minérales sur un important volume de terre, ce qui réduit ses exigences quant à la richesse minérale du sol. Cependant, des apports phospho-potassiques modérés se répercutent favorablement sur les rendements. Les quantités généralement, préconisées sont de l'ordre de 50 à 100 unités de P_2O_5 et 75 à 150 unités de K_2O (Chaux et Foury, (1994).

6. Valeur nutritionnelle

D'après Larraide et Martinez (1991), la valeur nutritionnelle de *V.faba L.* 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.

Contrairement aux céréales, les graines de fève et de féverole contiennent des protéines riches en lysine et faibles en méthionine, cystéine et tryptophane (Crépon et al., 2010).

Köpke et Nemecek (2010), ont souligné que les graines de la fève contiennent des substances anti nutritionnelles, tels que d'une part, les tannins qui réduisent la digestibilité des protéines et d'autre part, les dérivés de la vicine et convicine qui causent le favisme seulement chez les personnes ayant un déficit en glucose-6-phosphate déshydrogénase dans le sang.

7. Intérêt agronomique

Lopez-Bellido et ses collaborateurs (2005) rapportent que *V.faba L.* joue un rôle dans la rotation des cultures améliorant ainsi la fertilité du sol et réduisant l'incidence des mauvaises herbes, des maladies et des insectes ravageurs.

Les fèves sont utilisées dans les cultures associées. Cette pratique est fréquente dans nombreux pays, particulièrement en Chine, consiste l'installation de deux ou plusieurs cultures simultanément et au sein de la même parcelle. Elle a pour objectif de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires, d'augmenter le rendement ou de le stabiliser et de réduire les pertes dues aux mauvaises herbes, aux insectes ravageurs et aux maladies (Köpke et Nemecek, 2010).

II. Composantes du rendement

Le rendement s'exprime en poids de graines par unité de surface. Il est considéré comme étant le produit d'un ensemble de composantes végétatives et reproductrices formées successivement au cours du développement de la plante (Withers, 1984). Il a une héritabilité faible. Il dépend de la variabilité génétique disponible, des effets majeurs des facteurs abiotiques ou biotiques et de la forte interaction génotype-environnement (Bond, 1966).

La décomposition du rendement, montre que le nombre de plantes par unité de surface et le nombre de ramifications par plante, constituent des caractères primordiaux pour l'établissement d'un bon rendement. Ce sont les premières composantes du rendement, à s'établir au début du cycle de la fève. Ainsi, une bonne installation de la culture, à une densité optimale, est nécessaire pour l'obtention de bons rendements. Plus précisément, l'augmentation de la densité des plantes cause la réduction du nombre de gousses par plante, alors que le nombre de graines par gousse et le poids moyen du grain, tendent à rester constants (López-Bellido et al., 2005).

En moyenne, plus de 80% des variations du rendement chez les féveroles sont expliquées par les variations du nombre de graines et de gousses par m² (Raphalen et al., 1986).

Silim et Saxena (1992) ont montré que le rendement grain est fortement corrélé à la matière sèche totale, au poids moyen du grain et à l'indice de récolte et que ce rendement grain est négativement corrélé au nombre de gousses par m² et au nombre de grains par m².

I. Description du Site expérimental

Notre présente étude a été entièrement réalisée au sein de l'institut national de la recherche agronomique « INRA » dans le Domaine Expérimental de Douyet ; situé à 34°04N, 5°07W, dont l'altitude s'élève à 416 m. Il s'agit du domaine expérimental implanté en zone Bour, favorable de la plaine du Sais (Province de Moulay Yaacoub-Wilaya de Fès-Meknès) dont la superficie totale est de 440 ha.

La pluviométrie moyenne (sur 40 ans) est de 510mm. Le climat est de type méditerranéen à hivers froids et étés chauds et secs. L'année 2017 est caractérisée par une mauvaise répartition de pluie et de fortes températures (figure2).

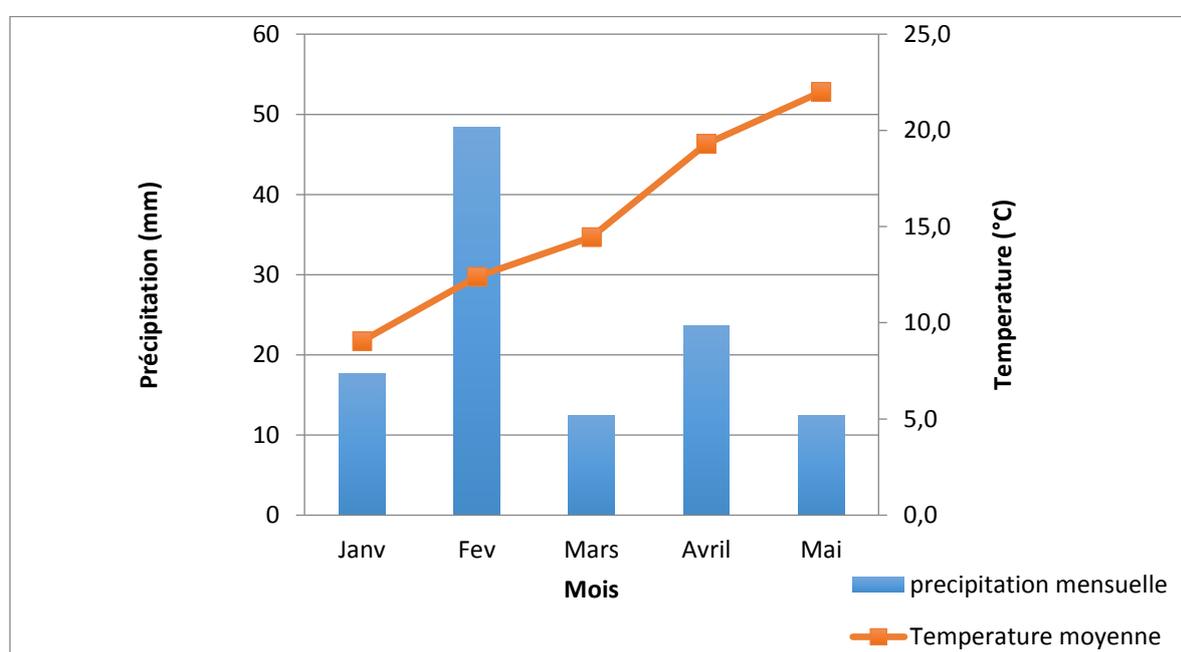


Figure 2 : Variation de température et de précipitation au niveau du domaine expérimental Douyet (compagne 2016/2017)

II. Protocole expérimental

Nous avons étudié 3 variétés différentes de fèverole : MULT 1, MULT 2, MULT 5.

- **Mult 1, Mult 2** : Les plantes de ces deux variétés sont productives et résistent moyennement au botrytis, réagissant modérément à l'ascochyta. Leurs fleurs se présentent avec des macules sur les ailes et des taches noires. Leurs gousses sont rugueuses, avec une déhiscence faible. Les graines sont de couleur beige au fond et brune noire au niveau d'hile avec une forme légèrement aplatie.

La floraison et la maturité sont moyennes au niveau de ces variétés. Leur récolte est en sec.

- **Mult 5** : Cette variété est aussi productive, moyennement résistante au botrytis et réagit d'une façon modérée à l'ascochyta. Les gousses présentes sont demi-dressés avec une texture intermédiaire et une déhiscence moyenne, dont les graines sont d'une forme intermédiaire.

1. Dispositif expérimental

Les variétés étudiées ont été semées en parcelles élémentaires de 20 lignes de 3 m de long.

Les trois variétés (MULT 1, MULT 2 et MULT 5) sont situées sur le dispositif suivant :

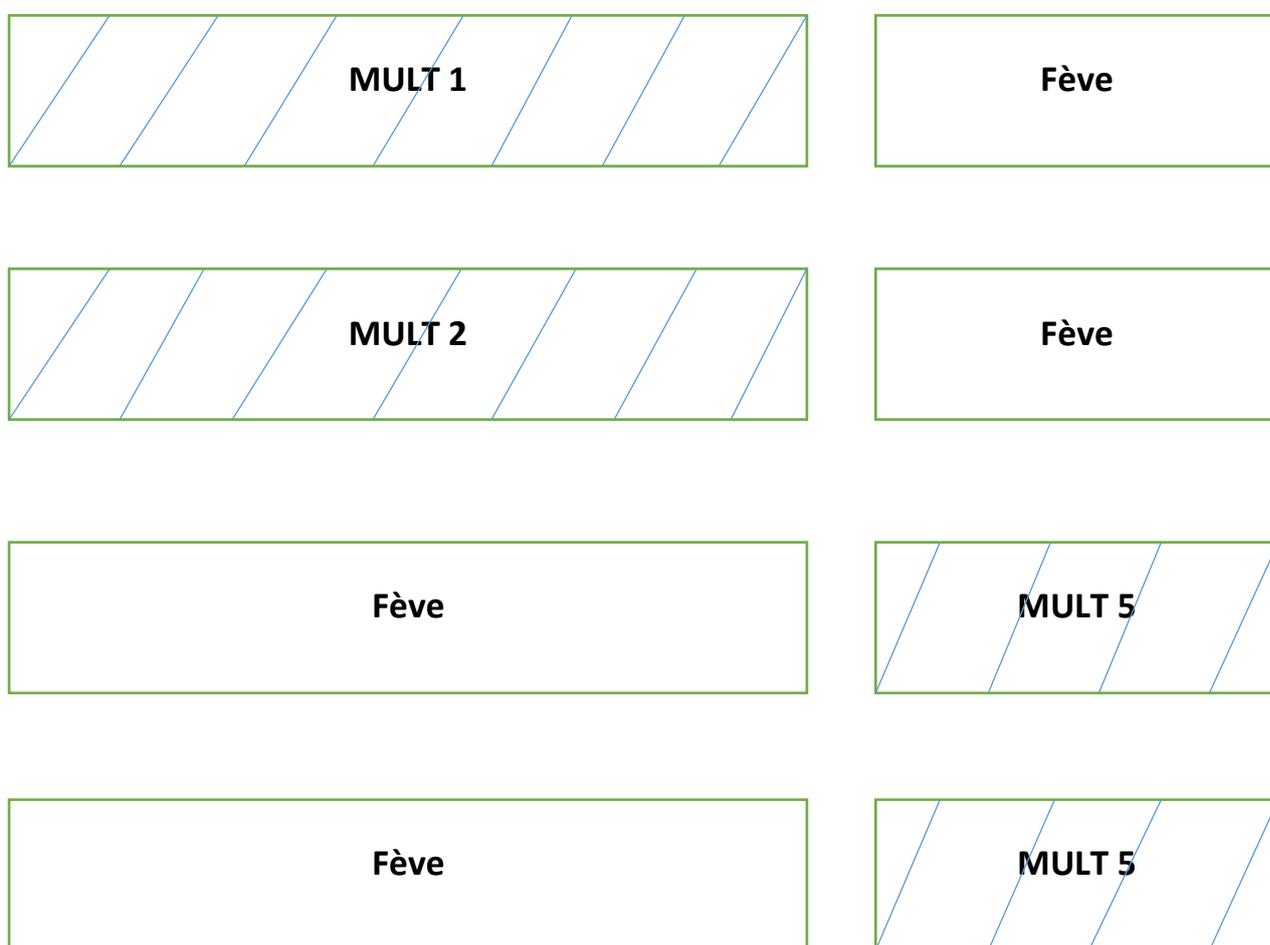


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental.

2. Itinéraire technique

La fiche technique utilisé pendant notre travail est comme suit :

Tableau1 : Fiche technique

| date | opération |
|----------------------------------|---|
| 17 / 11 / 2016 | Traitement contre les mauvaises herbes round-up (3l/ha) |
| 16 / 01 / 2017 | Cover crop croisé |
| 17 / 01 / 2017 | Engrais (2qx/ha) |
| 17 / 01 / 2017 | Rotavateur |
| 19 / 01 / 2017 | Traçage des lignes + semis |
| 08 / 03 / 2017 | Travail des allées par motoculteur |
| 08 / 03 / 2017 et 09 / 03 / 2017 | Montage cage |
| 31 / 03 / 2017 | Désherbage manuel |

3. Paramètres biologiques étudiés

Pour chaque variété, dix plantes de féverole ont été retenus d'une façon aléatoire. Les mesures suivantes ont été effectuées sur ces plantes, à intervalle régulier d'une semaine, jusqu'au moment où la croissance et le développement s'arrêtent.

- ✓ Le premier groupe de comptage, concerne le développement végétatif. Il regroupe la mesure de la hauteur et l'épaisseur, ainsi que le comptage de nombre de tiges et le nombre de nœuds formés sur l'ensemble de ces ramifications par chaque plante.
- ✓ Le deuxième groupe de comptage, regroupe les différents caractères représentants, les développements reproducteurs à savoir, le nombre de fleurs par nœuds, nombre de gousses par nœuds et le nombre de graines par gousse.

4. Choix d'une échelle de temps adéquate

Afin de situer les phases de développement des différentes lignées étudiées, dans le temps et d'évaluer le temps nécessaire pour la mise en place d'un organe, nous avons privilégié une échelle de mesure commune qui est la température. Ainsi, l'ensemble des dates de mesures effectuées et des résultats présentés dans ce travail, sont reportés, en sommes de températures

journalières depuis la levée à la valeur seuil. En effet, chez la fève, la mise en place des organes (végétatifs ou reproducteurs) nécessite le calcul d'un seuil de température.

Pour nos échantillons, nous avons choisi un seuil de végétation commun égal à 5°C (Nachi, 1995).

5. Traitement des données

Les calculs des moyennes pour chaque variable et les différents graphes ont été réalisés par le logiciel Excel.

I. Suivi de la phénologie de la plante

1. Évolution de la hauteur moyenne de la tige principale

MULT 1 est d'une taille plus grande que les autres variétés sont plus courtes et légèrement semblables entre elles.

La hauteur de la tige principale de ces trois variétés varie entre 45,6 et 52,65 cm à une somme des températures de 694,7°C. A une température de 805,3°C, la hauteur de la tige principale augmente pour atteindre 47,6 ; 49,1 ; 53,05 cm respectivement pour les trois variétés MULT 2, MULT 5 et MULT 1. La taille maximale des tiges des trois variétés est enregistrée pendant les deux dernières semaines de développement, ceci est vrai pour les trois variétés avec une moyenne de 47,85, 49,4, 53,45 cm à une somme des températures de 1002,5°C. La taille des tiges se stabilise pendant les deux dernières semaines où il n'y a plus d'évolution de la hauteur moyenne (figure 4).

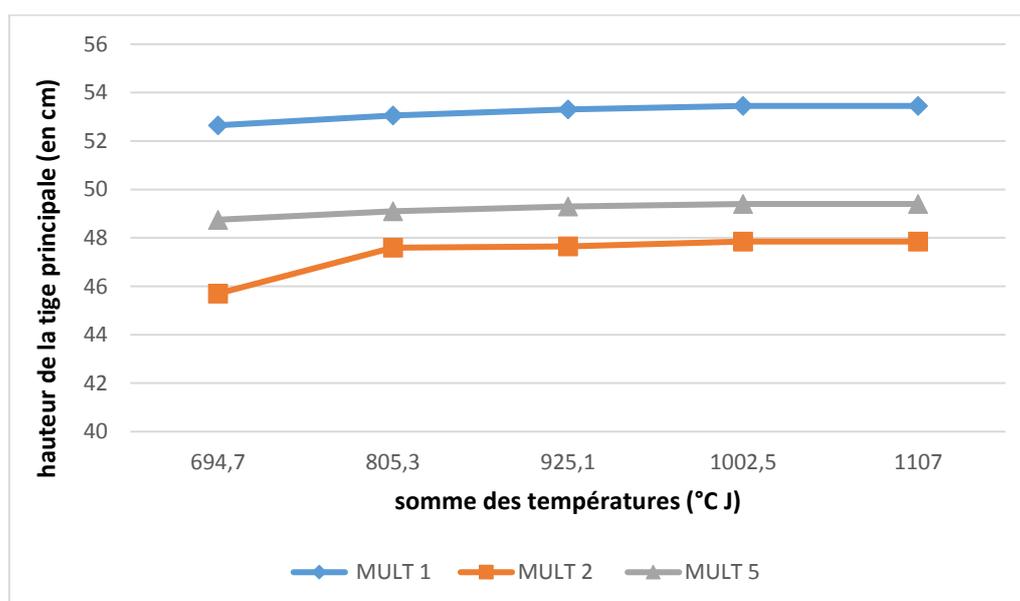


Figure 4 : Hauteur de tige principale en fonction de la somme des températures.

2. Évolution de l'épaisseur moyenne des tiges principales

La figure 5 montre la variabilité temporelle de l'épaisseur moyenne de la tige principale des trois variétés. Ainsi, l'épaisseur de la variété MULT 5 augmente progressivement de 7,23 mm pour atteindre 8,11 mm à une somme des températures de 1002,5°C, puis l'épaisseur se stabilise pendant la dernière semaine où il n'y a plus d'évolution.

L'épaisseur de la tige des variétés MULT1 et MULT 2, suivent une même tendance en augmentant de 6,91 et 7,72 mm à 694,7°C, respectivement à 7,30 et 7,97 mm à 1002,5 respectivement.

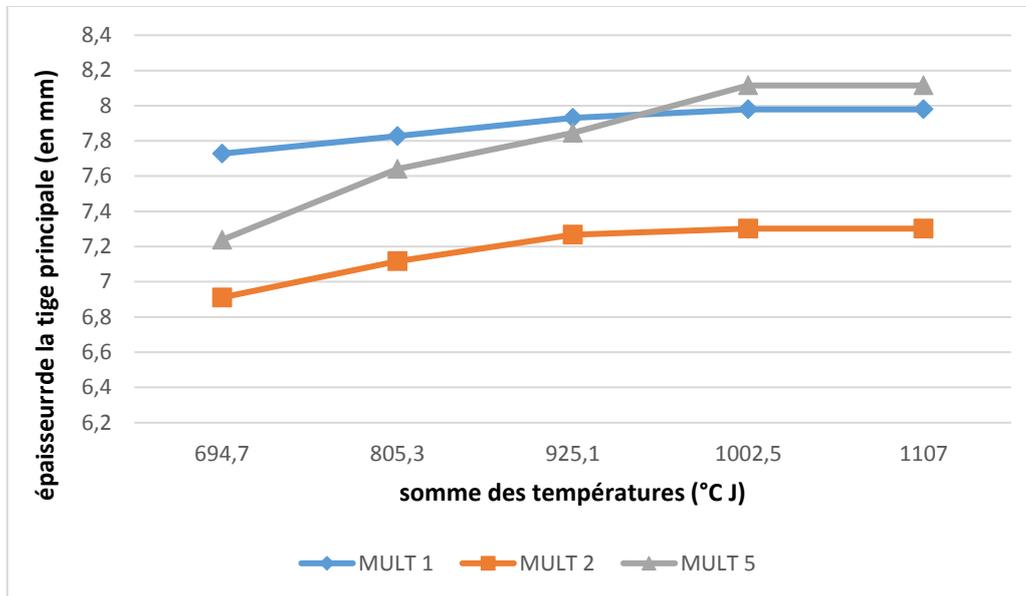


Figure 5 : Épaisseur de tige principale en fonction de la somme des températures.

3. Évolution de nombre moyen de tiges secondaires

La figure 6 montre qu'il n'y a pas une variation de nombre moyen de tiges secondaires pour la variété MULT 2.

Pour la variété MULT 5, le nombre moyen de tiges secondaires maximal est atteint dans la troisième semaine à une somme des températures 925,1°C, avec une moyenne de 1.1, qui se stabilise dans les deux dernières semaines, cette variété a produit, plus de tiges que les autres. Alors que la variété MULT 1, le nombre moyen de tiges secondaires est de 0,3 à une température de 694,7 ; 805,3 et 925,2°C.

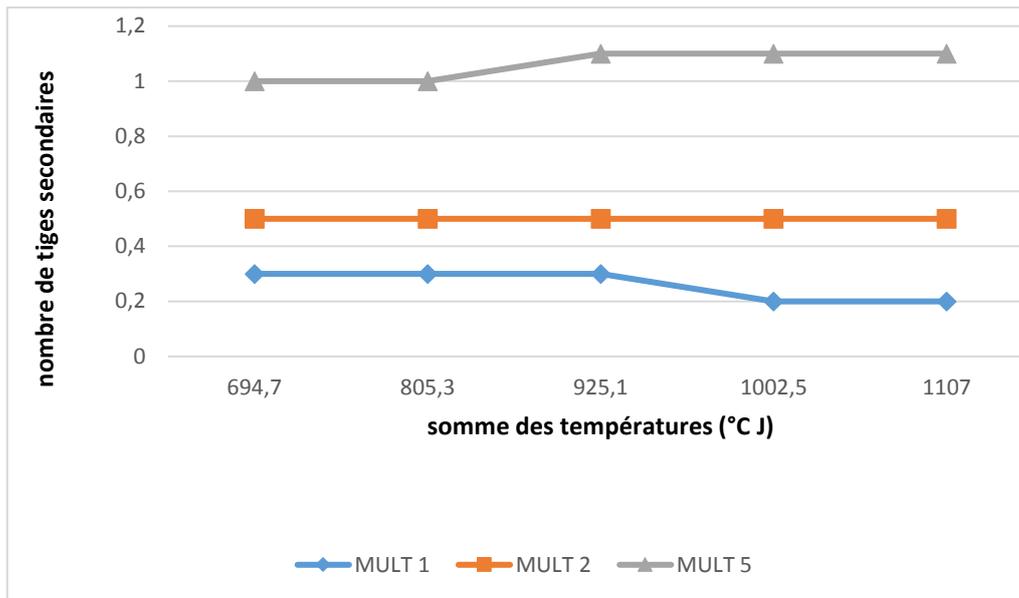


Figure 6 : Nombre de tiges secondaires en fonction de la somme des températures.

4. Évolution de nombre moyen de nœuds par tige principale

La figure 7 montre une augmentation progressive du nombre moyen de nœuds de tige principale pour les deux variétés MULT 1 et MULT 2 pour atteindre 18,9 et 19,6 nœuds respectivement, à une somme des températures de 1002,5°C. À partir de ce dernier, le nombre moyen de nœuds reste stable, ce qui implique l'arrêt de la croissance.

Pour la variété MULT 5, le maximum du nombre moyen de nœuds est respectivement 20,2 nœuds moyens par tige principale à une somme des températures de 1002,5°C, elle dépasse les autres variétés. Le nombre de nœuds se stabilise pendant la dernière semaine.

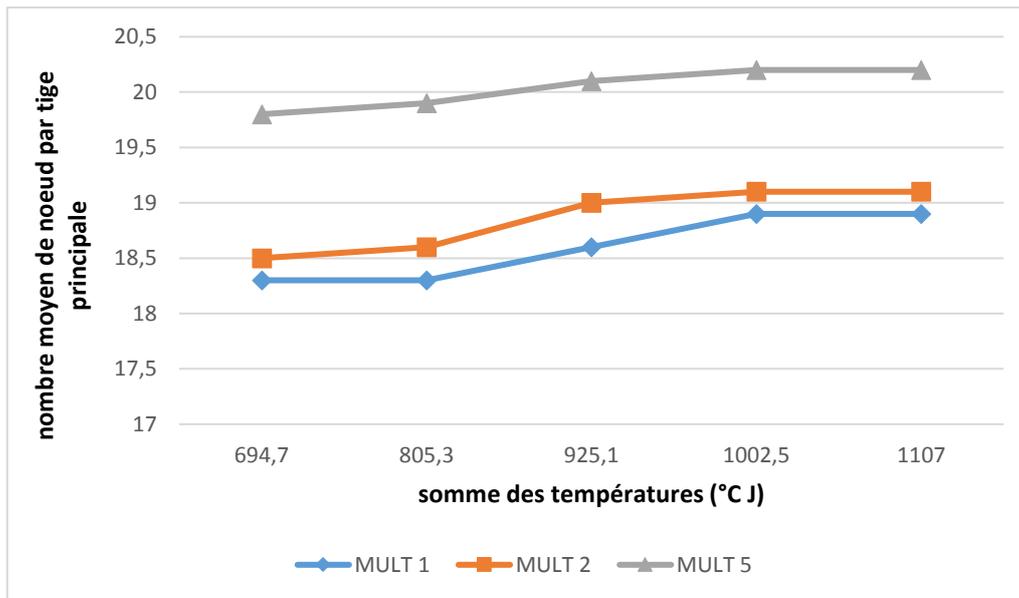


Figure 7: Nombre moyen de nœuds de tige principale en fonction de la somme des températures.

5. Évolution de nombre moyen de nœuds par tige secondaire

La figure 8 montre qu'il y a une augmentation du nombre moyen de nœuds par tiges secondaires pour les trois variétés : celui-ci, débute avec une moyenne de 4, 6,4 et 9,6 nœuds en moyen par tige secondaire. Le nombre moyen maximal des nœuds de tiges secondaires est atteint dans la quatrième semaine, pour les trois variétés, avec une moyenne de 5,5 ; 6,72 et 10,4 respectivement. Cette fois-ci, c'est la variété 2 qui dépasse les autres variétés, en nombre de nœuds par tige secondaire.

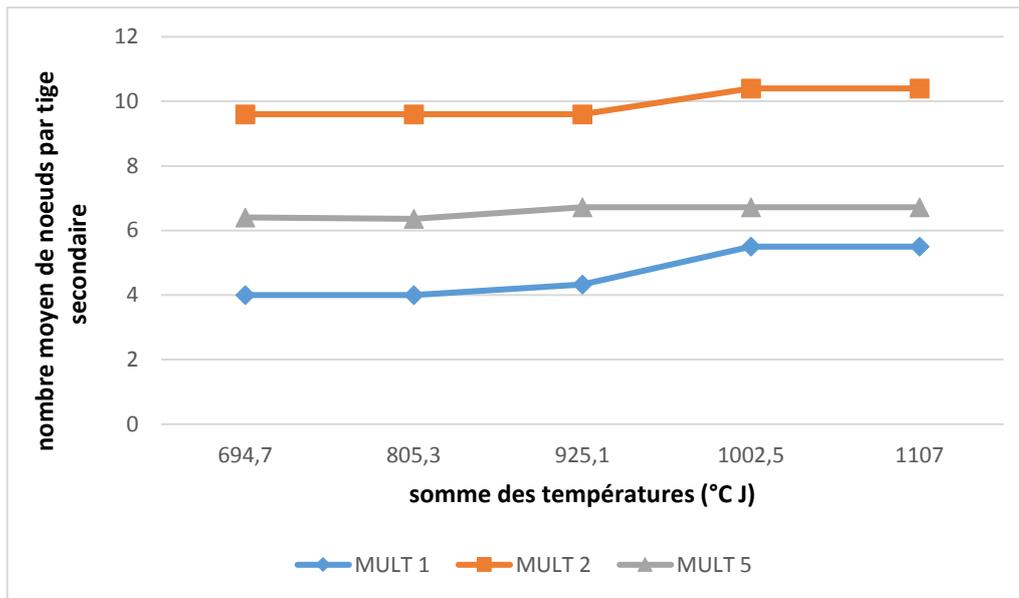


Figure 8 : Nombre moyen de nœuds par tige secondaire en fonction de la somme des températures.

6. Évolution de nombre moyen de fleurs par tige principale

Le nombre moyen de fleurs décroît progressivement pour atteindre 0,1 et 0,2 inflorescence en moyen par tige principale à une somme des températures de 1002,5°C pour les deux variétés MULT 2 et MULT 5

La variété MULT 1 possède un nombre moyen de fleurs important, par rapport aux deux autres variétés, celui-ci diminue pour atteindre 0,1 à une somme des températures de 1002,5°C. Cette chute peut être expliquée par la fin de la phase de floraison et par la température élevée dans la troisième semaine (figure 9).

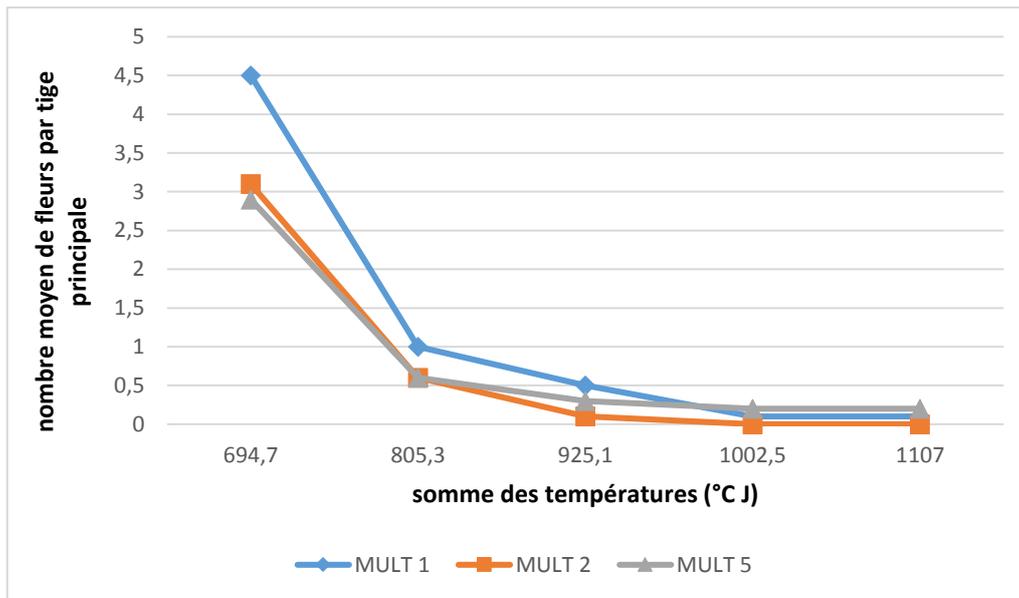


Figure 9 : Nombre moyen d'inflorescences par tige principale en fonction de la somme des températures.

7. Évolution de nombre moyen de fleurs par tige secondaire

Chez la variété MULT 1, nous avons observé une moyenne stable durant les deux premières semaines, avec un nombre moyen d'une fleur, qui baisse à partir de la troisième semaine jusqu'à une disparition totale des fleurs.

Tandis que chez MULT 2 et MULT 5, les inflorescences sont de l'ordre 1,4 et 2,1 fleurs respectivement à une somme des températures de 694,7°C, et décroissent progressivement, pour atteindre 0,6 et 0,18 respectivement, à une somme des températures de 805,3°C. On observe après une disparition des fleurs à partir de la troisième semaine (figure 10).

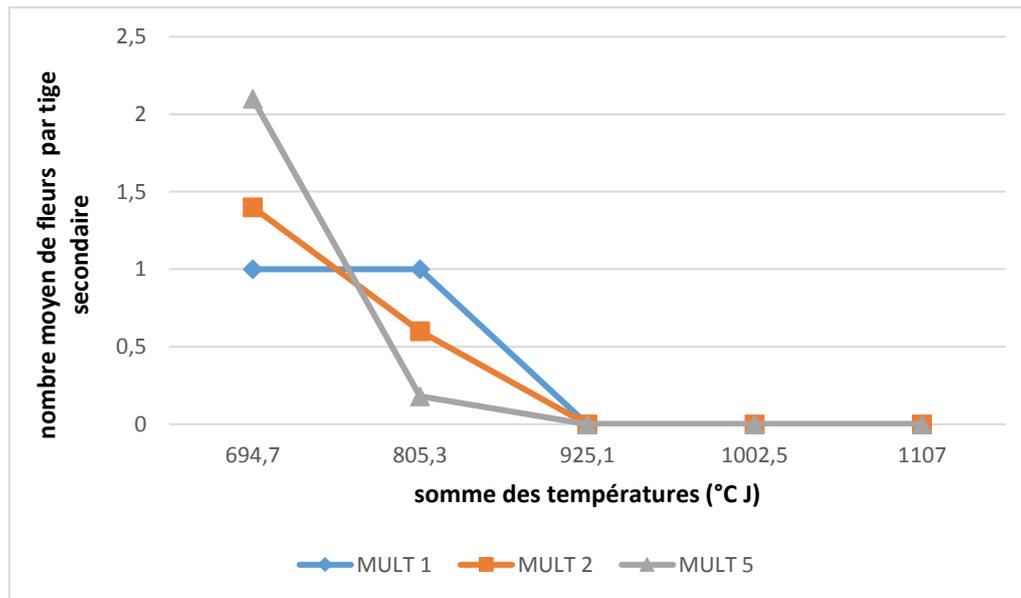


Figure 10 : Nombre moyen d'inflorescences par tige secondaire en fonction de la somme des températures.

8. Évolution de nombre moyen des gousses par tige principale

La fructification chez les trois variétés MULT 1, MULT 2 et MULT 5 est observée dans la première semaine à une température de 694,7°C avec un nombre moyen de 2,5 ; 3,8 et 4,4 gousses respectivement, et continue de progresser pour atteindre un maximum chez MULT2 à la troisième semaine (nombre moyen de 4,4), et chez MULT 5 à la deuxième semaine (nombre moyen de 4,9). Ces valeurs décroissent légèrement pour atteindre respectivement 3,9 et 4,3 à une somme des températures de 1002,5°C.

La variété MULT 1 est tardive, le nombre moyen de gousses augmente progressivement pour atteindre un maximum à la quatrième semaine avec un nombre moyen de 5,2 gousses à une somme des températures de 1002,5°C, puis il se stabilise dans la dernière semaine où il n'y a pas d'évolution (figure 11).

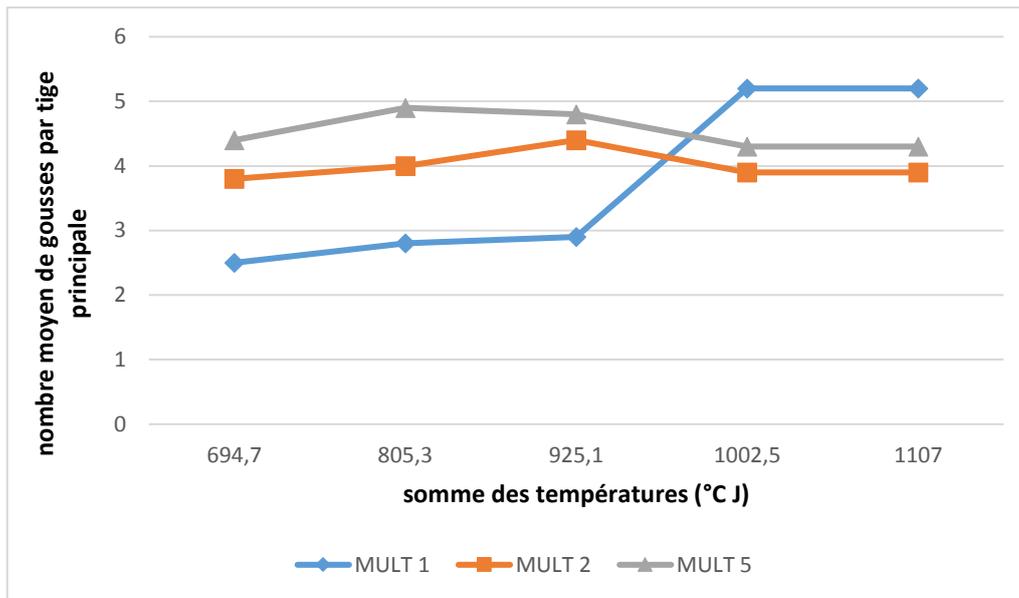


Figure 11 : Nombre de gousses par tige principale en fonction de la somme des températures.

9. Évolution de nombre moyen des gousses par tige secondaire

Le début de fructification chez MULT 5 est observé dans la deuxième semaine (805,3°C) avec un nombre moyen de 0,18. Ce dernier reste stable, jusqu'à la troisième semaine, puis augmente d'une façon progressive, pour atteindre 0,54 gousses à une somme des températures de 1002,5°C dans la quatrième semaine. Chez MULT 2, la fructification est observée dans la première semaine et commence de progresser pour atteindre en moyen une gousse à une somme des températures de 925,1°C, puis elle se stabilise dans les deux dernières semaines (figure 12). Chez MULT 1, il n'y a pas de fructification.

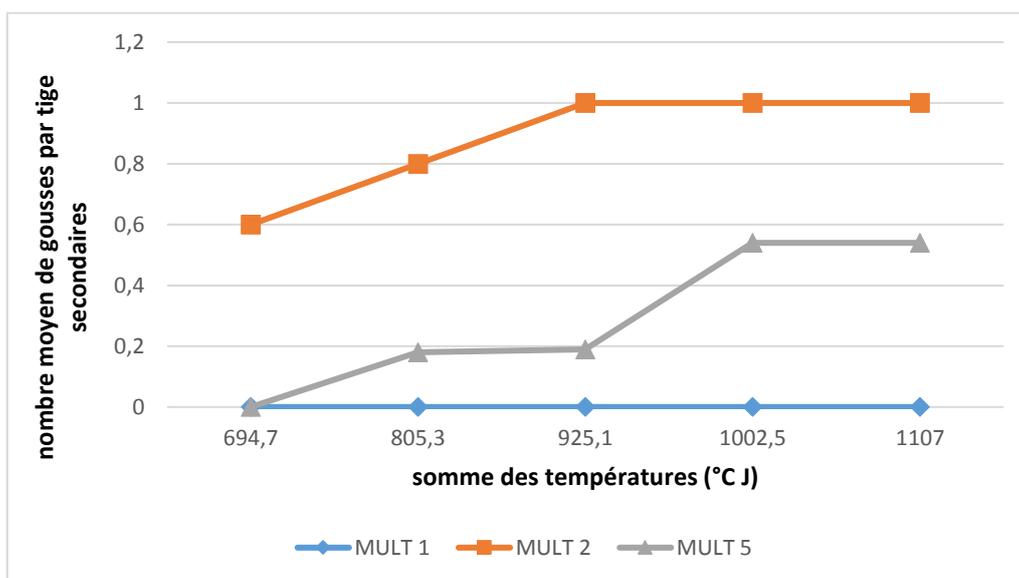


Figure 12 : Nombre de gousses par tige principale en fonction de la somme des températures

II. Nombre des graines par tige

1. Évolution de nombre moyen des graines par tige principale

La variété MULT 5 produit plus de graines que les autres variétés (entre 10,2 et 10,5). Chez la variété MULT 1 et MULT 2, le nombre moyen des graines augmente progressivement, pour atteindre un nombre maximal de 5,3 et 8,8 respectivement, à une température de 925,1°C, et diminue légèrement à une température de 1002,5°C (figure 13).

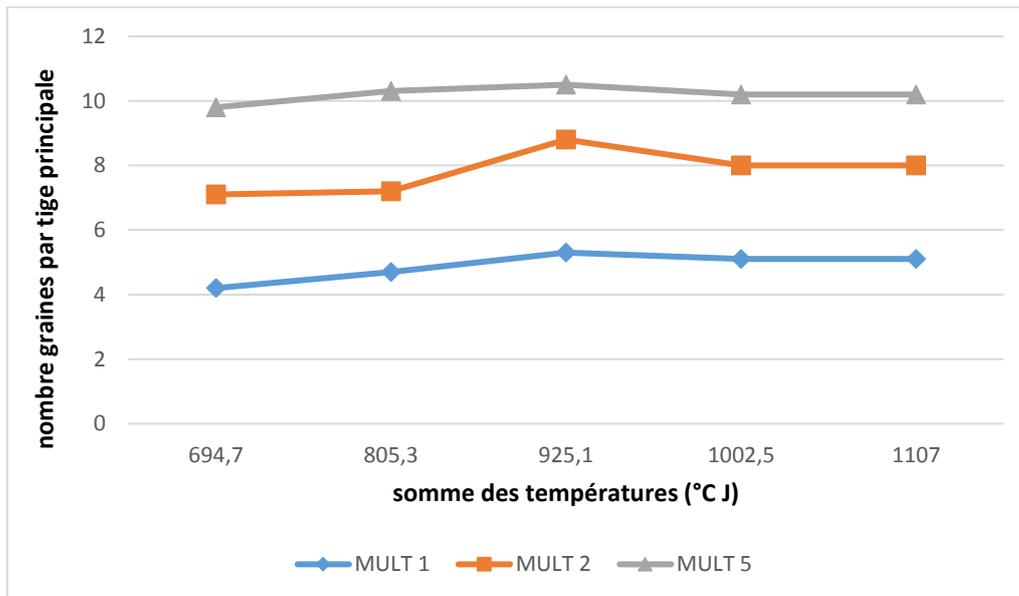


Figure 13 : Nombre moyen des graines par tige principale en fonction de la somme des températures.

2. Évolution de nombre moyen des graines par tige secondaire

Le nombre moyen des graines par tige secondaire est nul chez les deux variétés MULT 1 et MULT 5. Par contre, chez la variété MULT 2 le nombre moyen des graines est faible ; il est de 0,4 graines à une somme des températures de 694,7°C, celui-ci augmente légèrement pour atteindre 0,6 graine (805,3°C), puis il diminue durant la troisième semaine et reste stable avec une moyenne de 0,4, ceci peut être expliqué par une mortalité des graines (figure 14).

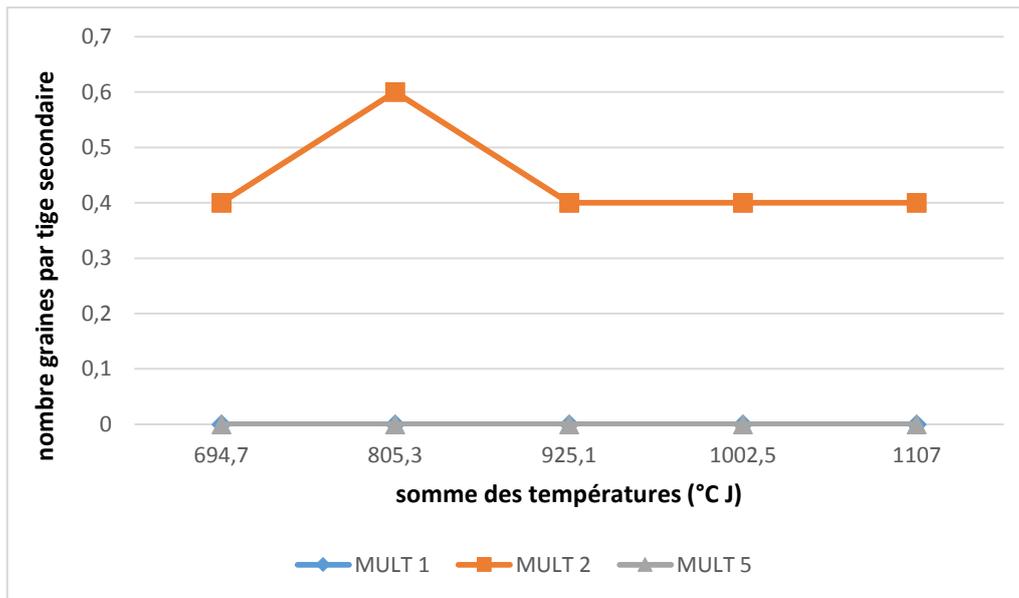


Figure 14 : Nombre moyen des graines par tige secondaire en fonction de la somme des températures.

3. Nombre total de graines par plante

Comme cité précédemment, le nombre de graines par tige secondaire est très faible voire nul, alors le nombre total des graines suit la même tendance que celle de tige principale (figure 15).

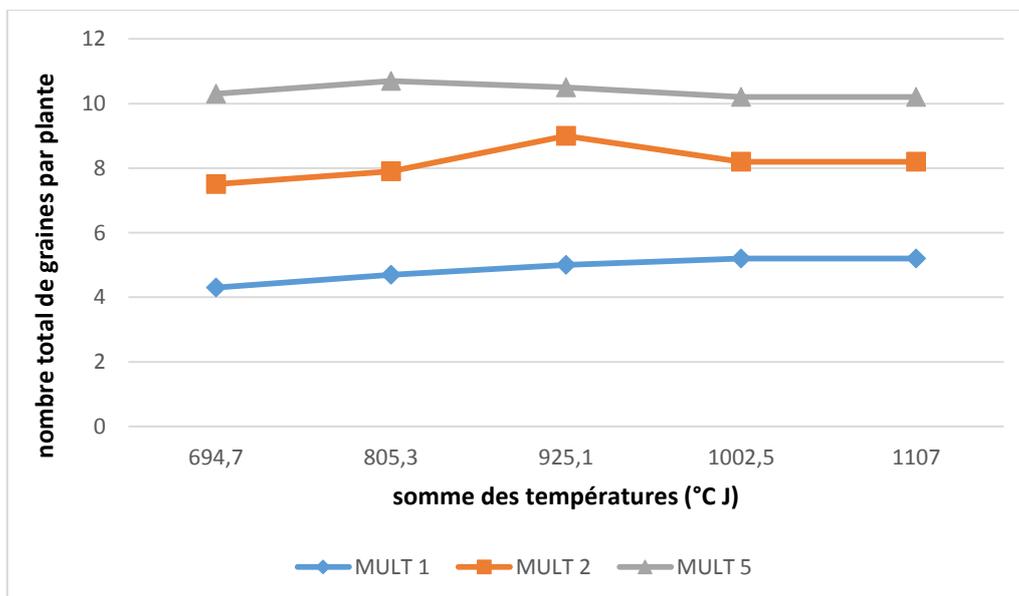


Figure 15 : nombre total de graines par plante en fonction de la somme des températures

4. Rang fructifère par tige principale

Le rang fructifère varie entre 8 et 8.6 pour la variété MULT1, et presque pareil pour MULT 2 et MULT 5 (entre 7.7 et 7.8 pour la variété MULT 2 et entre 7.2 et 7.3 chez la variété MULT 3).

5. Rang fructifère par tige secondaire

Le rang fructifère des tiges secondaires des variétés MULT 2 et MULT 5 reste stable avec une moyenne de 2.2 et 0.6 respectivement à partir de la première semaine jusqu'à la dernière.

Chez MULT 1, le rang fructifère par tige secondaire est nul vu que les tiges secondaires n'ont produit aucune gousse (figure 16).

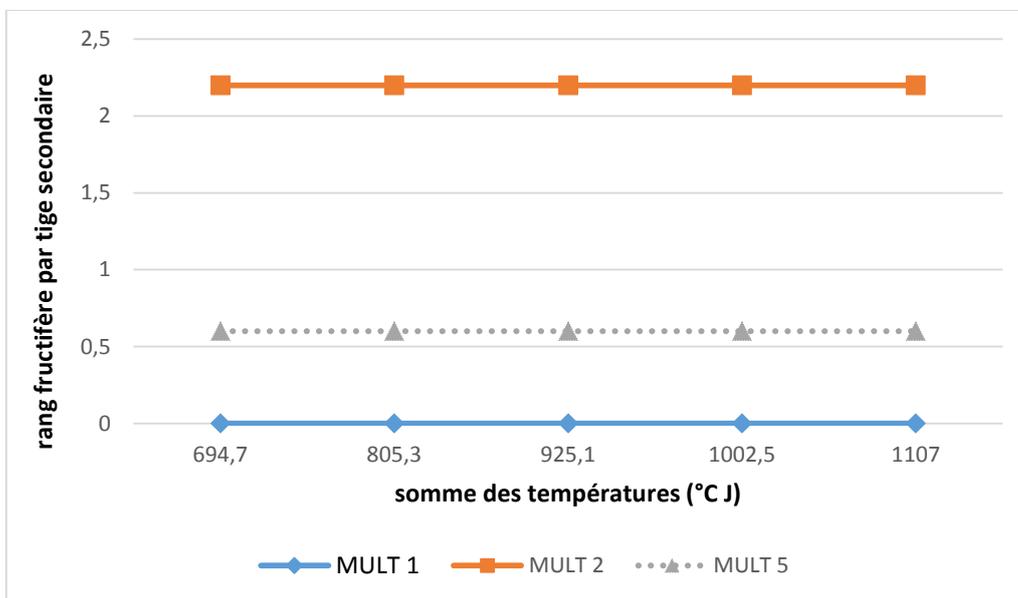


Figure 16 : Rang fructifère par tige secondaire en fonction de la somme des températures.

L'utilisation d'un matériel végétal nécessite une bonne connaissance du type de la croissance de ce matériel, le suivi de sa croissance et de son développement et les composantes du rendement de ce dernier.

L'étude de la variabilité de la croissance et du développement des variétés de féverole nous a permis de décrire ces variétés, de suivre le degré de la variabilité de leurs caractéristiques morphologiques et d'évaluer les principales composantes du rendement.

Le suivi de la croissance de ces trois variétés, au cours du temps, montre que, parmi les facteurs qui agissent sur la hauteur et l'épaisseur de la tige de la féverole, nous pouvons considérer la température et les précipitations.

Les résultats obtenus au niveau des composantes du rendement de ces trois variétés, montrent que MULT 5 produit plus de tiges secondaires que MULT 1 et MULT 2, et donne plus de nœuds par tige principal. Ce qui implique que cette variété a un développement végétatif très important. De plus nous avons constaté que le nombre de nœuds par tiges secondaires est important chez la variété MULT 2 mais qui n'a pas été traduit par une augmentation conséquente de la production de grain par tige secondaire.

Le nombre d'inflorescences évolue de la même manière pour les trois variétés. Sauf que MULT 1 a un nombre significatif de fleurs par rapport aux autres variétés. On observe une chute à partir de la deuxième semaine, qui est due d'abord aux conditions climatiques puis à la fin de phase de floraison.

Dans les conditions de cette année, MULT 5 a produit le maximum de graines par plante suivie de MULT 2, et MULT 1 la moins productive.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berthelem P, Duc G, Le Guen J, Picard J**,1984. Sélection de la féverole : Situation actuelle et perspectives, où Recueilli des communications des journées nationales sur les protéagineux, 53-56.
- Bond D. A.**, 1966. Yields and components of yield in diallel crosses between inbred lines of winter beans (*Vicia faba* L.). J. agric. Sci., Cambridge, 67, 325-336pp.
- Bond D.A., Lawes D.A., and Poulsen M.**, 1983. Broadbean (Faba Bean). In: Hybridization of Crop Plant, Editions, American Society of Agronomy, 203-213pp.
- Brink M, Belay G** (2006). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : céréales et légumes secs Prota, Pays Bas pp.221-223
- Chaux C, Foury C** (1994). Production légumière : légumineuses potagères, Légumes fruits, Lavoisier, Paris, pp .4-8.
- Claire Doré et F. Varoquaux**, 2006 Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées
- Crépon K, Marget P, Peyronnet C, Carrouée B, Arese P, Pruc G** (2010). Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. Field Crops Research. 115 : 329-339.
- Duc G** (1997). Faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research. 53: 99-109.
- FAOSTAT, 2016**. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=fr#ancor>, Mai 2016.
- Fatemi, Z.** 1996. Situation de la Culture des Fève au Maroc. In: Rehabilitation of Faba Bean. Bertenbreiter W .and M. Sadiki (Eds.), 33-38
- Jensen ES, Peoples MB, Hauggaard-Nielsen H** (2010). Faba bean in cropping systems. Field Crops Research. 115: 203-216.
- Köpke U., Nemecek T.**, 2010. Ecological service of faba bean (*vicia faba* L.). *Field crops research*. 115 :217-233pp.
- Larralde J., Martinez J.A.**, 1991. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.). Effet ef nutrient utilization, protein turnover and immunity. *Options méditerranéennes* N°.10 :111-117pp.
- Lopez-Bellido F.J, Lopez-Bellido L, Lopez-Bellido R.J** (2005). Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Europ .J. Agronomy*. 23: 359-378.

- Loss S.P, Siddique K.H.M** (1997). Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediterranean-type-environment. I. seed yield and yield components. *Field Crops Research*. 52: 17-28.
- Mikic A** (2011). Words denoting Faba bean (*Vicia faba*) in European languages. *Ratar. Povrt. / Field Veg. Crops Res.* 48: 233-238.
- Nabila Nachi** (1995). Analyse de la variabilité génétique de la croissance et du développement reproducteur chez la féverole (*Vicia faba* L.). Relations avec le rendement. Thèse de doctorat. L'école nationale supérieure agronomique de Rennes.
- Nuessly GS, Hentz MG, Beiriger R, Scully BT** (2004). Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida entomologist*. 87 (2): 204-211.
- Patrick J.W, Stoddard F.L** (2010). Phytology of flowering and grain filling in faba bean *Field Crops Research*. 115: 234-242.
- Raphalen J.L., Girard C., Lacombe J.P.** 1986. Développement, croissance et élaboration du rendement des pois et féveroles. *Perspect. Agric.*, 103,14-23
- Reta Sanchez DG, Santos Serrato Corona J, Viramontes RF, Cueto Wong JA, Padilla SB, César JS** (2008). Cultivars alternativos. Con Potencial de uso forrajero en la comarca lagunera, Primera, Mexico, pp.41
- Saxena MC** (1991). Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes*. N°. 10: 15-20.
- Silim S.N., Saxena M.C.** 1992. Comparative performance of some faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars of contrasting plant types. I. Yield, yield components and nitrogen fixation. *J agric. Sci., Cambridge*, 118,325-332.
- Singh, V.P., and Y.S. Tomer.** 1988. Influence of flower colour on seed yield and components in faba bean. *Fabis*, 22: 7-8.
- Wang H-F, Zong X_X, Guan J-P, Yang T, Sun X-L, Ma Y, Redden R** (2012). Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba*.L) germplasm revealed by ISSR markers.
- Withers N. J,** 1984. Components of lupin seed yield. *Proceedings of 3rd International Lupin Conference. La Rochelle, France* : pp. 270-287).

