

## Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
Revue bibliographique	
<b>A. PRESENTATION DE L'ESPECE : <i>Vicia faba</i>.</b> .....	<b>2</b>
<b>I. Généralités sur la plante <i>Vicia faba</i>. L .</b> .....	<b>2</b>
1. Position systématique .....	<b>2</b>
2. Origine et répartition géographique.....	<b>2</b>
3. Description morphologique de l'espèce.....	<b>2</b>
4. Aspect cytogénétique.....	<b>4</b>
5. Système de reproduction .....	<b>4</b>
6. Intérêt culturel de la fève .....	<b>4</b>
6.1. Intérêt agronomique .....	<b>4</b>
6.2. Intérêt alimentaire .....	<b>5</b>
7. Récolte des fèves .....	<b>5</b>
8. Le stockage .....	<b>5</b>
<b>II. Contraintes de la culture de la fève</b> .....	<b>6</b>
1. Contraintes abiotiques .....	<b>6</b>
2. Contraintes biotiques .....	<b>6</b>
<b>B. LE BORE</b> .....	<b>10</b>
<b>I. Historique du bore</b> .....	<b>10</b>
<b>II. Effet du bore sur les plantes</b> .....	<b>10</b>
<b>III. Le bore dans le sol</b> .....	<b>10</b>
<b>Matériel et méthodes</b>	
<b>I. Objectif</b> .....	<b>13</b>
<b>II. Protocol expérimental</b> .....	<b>13</b>
1. Site expérimental.....	<b>13</b>
2. Donnée pédoclimatiques.....	<b>13</b>
3. Itinéraire technique .....	<b>14</b>
4. Traitement étudié et dispositif expérimental .....	<b>14</b>
4-1. Traitement étudié .....	<b>14</b>
4-2. Dispositif expérimental .....	<b>15</b>

5. Notations et observations .....	15
6. Traitement des données .....	16
<b>Résultats et discussion</b>	
I. Suivi de la phénologie de la plante 1 .....	17
1. Evolution de la taille des tiges principales .....	17
2. Evolution du nombre de fleurs des tiges principales .....	19
3. Evolution du nombre de gousses des tiges principales .....	20
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>22</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>23</b>

*INTRODUCTION*

*GENERALE*

*REVUE*

*BIBLIOGRAPHIQUE*

***MATERIEL***

***ET***

***METHODES***

*RESULATS*

*ET*

*DISCUSSION*

RapportGratuit.com

***CONCLUSION GENERALE***

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## RESUME

La culture de la fève 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. Par ailleurs, le bore joue un rôle important dans les plantes, sur la structure des parois cellulaires, la nouaison, la fructification et le développement des graines, d'où l'étude de son effet sur la fève et la féverole s'avère nécessaire.

La présente étude a été conduite, au cours de l'année universitaire 2017/2018 au sein de l'institut National de la Recherche Agronomique de Meknès et a pour objectif d'étudier l'agissement du bore sur six lignées de fève et de féverole. Elle nous a permis de suivre l'évolution du traitement effectué par deux dosages différents sur les exigences de la plante.

Les résultats obtenus montrent que la lignée 1 a réagi positivement au traitement par les deux dosages, ce qui s'est manifesté par la croissance de la taille des tiges principales et la forte rétention de fleur et gousses. Ainsi, que la lignée 5 a connu une chute marquante au niveau de la hauteur et du nombre de fleur et de gousses.

Nous notons que le dosage 1 a permis une meilleure rétention des fleurs et gousses ainsi qu'une amélioration au niveau de la longueur des tiges principales contrairement au dosage 2.

**Mots clefs :** *Vicia faba*, féverole, bore, rétention, dosage.

## Liste des abréviations

**°C** : Celsius

**cc** : Centimètre cube

**Cm** : Centimètre

**D1** : Dosage 1

**D2** : Dosage 2

**FAOSTAT** : Food and Agriculture Organization of the United Nations

**Mult** : Multi

**SAU** : Surface agricole utile

***V.faba L.*** : *Vicia faba*

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*À tous ceux qui sous le soleil brûlant et les intempéries de la vie, n'épargnent pas leurs efforts pour rendre la terre plus fertile.*

*À mes parents, pour les peines et les sacrifices consentis pour mon éducation.*

*Mon amour et ma profonde reconnaissance ne sauraient être exprimés en ce modeste travail. Puisse Dieu vous accorder santé et longue vie.*

*À ma sœur Ghita et mes frères Asî et Hamza, en témoignage de mon grand amour fraternel. Que Dieu leur accorde succès et bonheur.*

*À ma grande mère pour son soutien, sa tendresse, sa patience, sa constante assistance et leurs persévérants efforts.*

*À toute ma famille maternelle, en témoignage de mon affection et respect.*

*À tous mes amis, en témoignage de mon grand amour et de l'amitié que je porte, pour vous et en particulier Meryem, Lawhara, Chaimae, Assia, Khadija et Hamza avec qui j'ai partagé les bons et les mauvais moments de cette année de thèse.*

## Remerciements

*Ma plus grande reconnaissance va à Mr. FATIMI Zain El Abidine,*

*chercheur à l'MRA de Meknès (Maroc) pour ses précieuses informations*

*qu'il m'a données à chaque fois, pour faciliter la compréhension du sujet.*

*Qu'il trouve dans ces mots l'expression de mon profond respect.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude et remercier Mr. DERRAZ*

*Khalid de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour ses conseils,*

*corrections et orientations au cours de son encadrement.*

*Mes plus vifs remerciements à M. LAZRAZ Abderrahim professeur à la*

*Faculté des Sciences et Techniques de Fès, qui a accepté de juger mon*

*travail.*

*Enfin, cette formation ne serait accomplie s'il n'y avait pas la tendresse,*

*l'amour et la compréhension de mon entourage. Pour ce, je remercie les*

*membres de ma famille et les amis.*

## Listes des figures

Figure 1	Photo de différentes parties de <i>Vicia faba L.</i>	P 3
Figure 2	Photo d' <i>Orbanche crénata.</i>	P 8
Figure 3	Photo de la maladie de tâche chocolat.	P 8
Figure 4	Photo d'Anthracnose de la fève.	P 8
Figure 5	Photo de rouille de la fève.	P 8
Figure 6	Photo de puceron noir de la fève	P 9
Figure 7	Photo de bruche de la fève	P 9
Figure 8	Variation de la température et de la pluviométrie au niveau du Domaine Expérimental de Douyet pour la campagne 2017/2018.	P 13
Figure 9	Plan de la parcelle d'expérimentation	P 15
Figure 10	Hauteur de la tige principale de fève en fonction de la date.	P 18
Figure 11	Evolution du nombre de fleurs par tige principale pour les différentes lignées.	P 19
Figure 12	Evolution du nombre de gousses par tige principale pour les différentes lignées.	P 21

## Liste des tableaux

Tableau 1	Itinéraire technique	P 14
-----------	----------------------	------



La culture des légumineuses alimentaires occupe 6 à 8 % de la SAU au Maroc, soit la seconde place après les céréales (Sadiki et Lazraq, 1998). Ils sont cultivés sur une superficie moyenne de 24050 ha, avec une production de 32270 tonnes, et un rendement de 13418 kg/ha (FAOSTAT, 2017). Comparativement aux pays en développement, le Maroc occupe la 9ème place pour la production des lentilles, la 3ème place pour la production de la fève, et la 10ème place pour la production du pois chiche (Laamari, 2016).

Les légumineuses sont une famille très importante de plantes à fleurs, herbacées ou arborées, les Fabaceae (Vertès, 2010), représentée par plus de 7000 espèces dans le monde. Leurs graines se forment à l'intérieur de gousses, et peuvent former une symbiose avec une classe de bactéries (*Rhizobium* sp.) capables de fixer l'azote atmosphérique. L'espèce *Vicia faba* L. occupe environ 40 à 45 % de la superficie totale en légumineuses, soit environ 200 000 ha dont, environ, 20 % sont consacrés à la féverole. La production est concentrée essentiellement dans la zone du bour favorable (Sadiki et Lazraq, 1998). *V. faba* L. est l'une des principales légumineuses cultivées dans le monde entier. Ce n'est pas parce qu'elle fournit une source importante d'alimentation humaine (alimentation protéique), mais également c'est une bonne source pour le marché des aliments pour les animaux (Gong et al, 2011). La production de la fève a enregistré une baisse très significative ces dernières années tant au niveau des superficies emblavées qu'au niveau du rendement moyen qui se situe à environ 7 q/ha. Cette régression (Sadiki et Lazraq, 1998) est imputée à plusieurs contraintes d'ordre climatique, agronomique, technique et socio-économique. En absence de lignées sélectionnées, le matériel végétal utilisé est peu performant (95% des semences sont des populations locales non améliorées). Il reste l'utilisation de lignées productives et résistantes aux maladies parmi les moyens susceptibles d'augmenter le niveau et la stabilité de la production (EL Baghati, 1995). Les objectifs fixés par l'INRA, au Domaine Expérimental de Douyet, visent à renforcer les recherches et à développer des méthodologies de sélection pour améliorer les rendements de la fève.

Le présent travail se fixe comme objectif d'étudier l'effet du bore sur la rétention des gousses de quelques lignées de *Vicia faba*.

# **A. PRESENTATION DE L'ESPECE *Vicia faba***

## **I. Généralités sur la plante *Vicia faba*. L**

### **1 .Position systématique**

La position taxonomique est comme suit (Dajoz, 2000) :

- ✓ Règne : Végétal
- ✓ Embranchement : Spermaphytes
- ✓ Sous-embranchement : Angiospermes
- ✓ Classe : Dicotylédones
- ✓ Sous-classe : Dialypétales
- ✓ Série : Caliciflores
- ✓ Ordre : Rosales
- ✓ Famille : Fabaceae
- ✓ Sous-famille : Papilionaceae
- ✓ Genre : *Vicia*
- ✓ Espèce : *Vicia faba* L.

L'espèce *Vicia faba* peut être divisée en trois sous espèces selon la taille des graines (Kolev, 1976) :

- *Vicia faba* minor Beck à petites graines appelées couramment fève.
- *Vicia faba* equina Pers à graines moyennes appelées couramment févrette.
- *Vicia faba* major Hartz à grosses graines appelées couramment fève.

### **2. Origine et répartition géographique**

La plupart des formes primitives de la fève ont été trouvées dans la région d'Afghanistan et au Nord de l'Inde, ce qui suggère que cette espèce a pris naissance dans le sub-continent indien (Shultze Motel, 1972).

Selon Mathon (1985), elle est originaire des régions méditerranéennes ou du Moyens-orient.

La fève s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil, jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde (Cubero, 1974).

### **3. Description morphologique de l'espèce**

La fève est une plante herbacée annuelle présentant une tige simple, dressée, creuse et de section carrée, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de hauteur (Peron, 2006). La taille de l'espèce varie en fonction de nombreux facteurs dont la température, la pluviométrie et autre.

Les feuilles, sont alternes de couleur vert glauque ou grisâtre, composées-pennées et sont constituées de 2 à 4 paires de folioles amples et ovales (Chaux et Foury, 1994).

Les fruits sont des gousses pendantes noircissant à la maturité (Laumonier, 1979).

Les graines sont charnues, vertes et tendres à l'état immature. A complète maturité, elle développe un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire (Chaux et Floury, 1994) (figure 1).



**Tige et Feuille de *Vicia faba L.***



**Gousses de *Vicia faba L.***



**Fleur de *Vicia faba L.***



**Graines de *Vicia faba L.***

**Figure 1 : Différentes parties de *Vicia faba L.***

## 4. Aspect cytogénétique

*Vicia faba* L. est une espèce diploïde, avec  $n = 6$  chromosomes subtélocentriques de grande taille, deux d'entre eux portant des satellites (Le Guen et Duc, 1992). Ces chromosomes sont multi brins et présentent sous forme super enroulée.

## 5. Système de reproduction

*V. faba* L. est une espèce auto-compatible dont la biologie florale est intermédiaire entre l'auto et l'allogamie (Mesquida et al, 1990), Chez *V. faba* L., une valeur moyenne de 30 à 45% d'allogamie est généralement avancée (Le Guen et Duc, 1992) mais selon Bond (1987), la variation pour ce caractère varie, selon le pays ou la région, de moins de 10 à plus de 70%. Cette large variation est particulièrement due à la plus ou moins grande fréquence des insectes pollinisateurs dans la zone considérée.

*V. faba* L. est visitée par de nombreux insectes pollinisateurs efficaces dont les bourdons (*Bombus* spp.), et les abeilles domestiques (*Apis Mellifera*), (Mesquida et al, 1990) les bourdons représentent environ 15% de la faune pollinisatrice de cette espèce, et les abeilles domestiques environ 80%. Ces insectes jouent deux rôles (Le Guen et Duc, 1992) dans la fécondation de la fève :

- Assurent la mise en contact physique du pollen avec les stigmates, pour les cultivars non naturellement autofertiles.
- Apportent de l'allopollen assurant la fécondation croisée.

L'autofertilité est définie comme la fertilisation sans insectes. Le déclenchement a été détecté dans *V. faba* L. par plusieurs mécanismes parmi lesquels ; début de production des exsudats par des papilles stigmatiques, grande quantité de pollen automatique, style court et d'autres caractéristiques morphologiques florales (Duc, 1997), 24% des ovules se transforment en graines matures, l'avortement de ces ovules peut être exprimé par une compétition pour les nutriments (entre les jeunes graines et les plus anciennes graines, ou entre la croissance des organes végétatifs et structures reproductives).

## 6. Intérêt culturel de la fève

### Intérêt agronomique

*Vicia faba*, comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants et spécialement l'azote, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (Khaldi et al., 2002 ; Rachef et al. 2005). Ainsi, la fève améliore la teneur du sol en azote, avec un apport annuel de 20 à 40 kg /ha. Elle améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique.

## Intérêt alimentaire

La fève est l'une des légumineuses à grains les plus communes. Elle est utilisée pour la consommation humaine et animale (Goyoaga et al, 2011).

Selon Gordon (2004), cette légumineuse a une teneur en protéine élevée et une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9 et C) et de minéraux. Elle constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007).

### 7. Récolte des fèves

La récolte des fèves s'effectue avant leur pleine maturité physiologique, car l'égrenage des gousses et leur pourrissement pourraient être la conséquence d'une récolte tardive ou une récolte avant le moment opportun, en particulier lorsque la pluie survient.

Le meilleur stade pour la récolte de la fève est lorsque les feuilles et les gousses se dessèchent. Les fèves peuvent se récolter à la moissonneuse-batteuse, mais la récolte manuelle est d'usage courant. Nous arrachons les plantes, ou nous les coupons à l'aide d'une faucille. La récolte se fait généralement tôt le matin ou en fin d'après-midi, pour diminuer les pertes dues à l'égrenage. Les plantes récoltées sont disposées en petits tas et laissées à sécher au champ pendant quelques jours en fonction de la température.

### 8. Le stockage

Les légumineuses sont plus sensibles aux conditions de stockage que les céréales. Dommages mécaniques, haute température, humidité relative élevée, haute teneur en humidité des graines, exposition à la lumière et période de stockage prolongée sont autant de conditions nuisibles à la qualité des graines. Elles peuvent provoquer une altération de la qualité commerciale et culinaire caractérisée principalement par une durée plus longue de cuisson, une mauvaise appétence, une diminution de la qualité de la protéine, et une couleur des graines assombrie (Anonymes, 2016). La conservation doit se faire dans des locaux propres, secs, sains, aérés et à l'abri des rongeurs et des oiseaux. Il est fortement recommandé de traiter les graines stockées contre les bruches de stockage 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 Lazraq, 1998).

## II - Contraintes de la culture de la fève

### 1. Contraintes abiotiques

**Sècheresse terminale** La sécheresse constitue le stress abiotique le plus important pour *Vicia faba L.*, (El Bouhamdi et Sadiki, 2002). Cette contrainte constitue un facteur limitant de la production dans les hauts plateaux et les plaines côtières, car la culture de la fève exige beaucoup d'eau (Gerard, 1990).

Les rendements de la fève deviennent plus importants, en milieux irrigués (Green, et al, 1986).

**Froid hivernal et gelé printanier** Les basses températures provoquent la coulure des fleurs et la mortalité des plantes qui montrent une formation de cristaux de glace dans les espaces intercellulaires des tissus. Par conséquent, les cellules végétales se déshydratent (Link et al., 2010). En plus, le volume élevé des cristaux entraîne la destruction des parois des cellules.

**Chaleur** Les fortes chaleurs causent un arrêt de croissance, une chlorose (décoloration due à un manque de chlorophylle) et peuvent même conduire au flétrissement de la culture. De même, la chaleur peut nuire la qualité des graines, les rendant précocement amères et farineuses (Chaux et Floury, 1994).

**Salinité** C'est une contrainte qui concerne notamment les zones sahariennes, où les fèves sont irriguées avec des eaux assez chargées en sodium. L'effet du sel sur les plantes et sur les propriétés physiques et chimiques du sol réduit la productivité (Maatougui, 1996).

### 2. Contraintes biotiques

Aucune lignée n'a une résistance à toutes les maladies. Celles-ci peuvent diminuer la production. Donc, il faut développer une bonne compréhension des principales maladies et leurs stratégies de gestion (Harry, 2003).

#### ✓ **Plantes parasites**

- **Orobanche** C'est une plante sans chlorophylle (Figure 2), qui dépend entièrement de son hôte, pour réaliser son cycle biologique (Kharrat, 2002).

Elle occasionne des pertes considérables, et pouvant entraîner la destruction totale de la fève (Kharrat, 2002). Cette plante parasite a des fleurs gamopétales et appartient à la famille des orobanchacées (Dorette, 2005).

## □ **Maladies cryptogamiques**

Les principales maladies cryptogamiques qui affectent la fève sont :

- **Les tâches chocolat** Cette maladie cryptogamique cause des tâches de couleur rouge-brun sur les feuilles, tiges et gousses (Figure 3). Ces tâches ou lésions peuvent causer une défoliation de la plante et même sa mort.

Cette maladie est causée par *Botrytis fabae*. Rhaim (2002) a rapporté qu'une attaque sévère, par celle-ci, peut engendrer des pertes de rendement allant jusqu'à 100% lorsque les conditions défavorables se prolongent.

- **L'Anthracnose** Est une maladie cryptogamique due à *Ascochyta fabae* (Figure 4). Elle se manifeste par des taches rondes, brun chocolat. Elles se développent sur les feuilles, les tiges, les gousses et le tégument des graines.

Elles peuvent se développer jusqu'à ce que des parties de la plante entièrement noircies meurent (Planquaert et Girard, 1987). Elle provoque aussi des pertes en quantité et en qualité sur la fève (Kharrat, 2002).

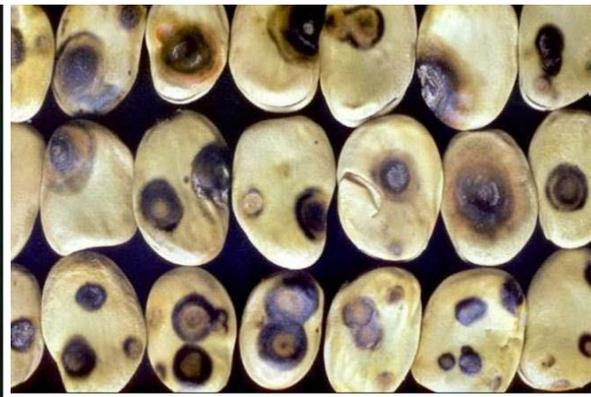
- **La rouille** Cette maladie cryptogamique, causée par *Uromyces fabae*, se manifeste par des taches brunes à rougeâtres sur les feuilles (Figure 5), causant un dessèchement et une chute de feuilles (Chaux et Floury, 1994).



**Figure 2 :** *Orbanche crénata*.



**Figure 3 :** Maladie de tâche chocolat.



**Figure 4 :** Anthracnose de la fève.



**Figure 5 :** Rouille de la fève.

□ **Principaux ravageurs**

- **Les pucerons** (*Aphis faba*) : c'est un insecte piqueur suceur. Il vit en colonies compactes, à l'extrémité des plantes de la fève (Figure 6). Il provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles (Hamadache, 2003). De plus, cet insecte peut transmettre plus de 30 virus pathogènes (Blackman et Eastop, 2007). Et principalement les virus de la jaunisse nécrosante.
- **Bruche de la fève** (*Bruchus rufimanus*) : c'est un insecte qui peut engendrer des dégâts importants et compromettre la récolte durant le stockage. À partir du mois de février, lorsque les températures dépassent 15 °C, cet insecte sort de la graine pour s'accoupler et les œufs sont déposés sur les gousses (Boughdad, 1996). À l'éclosion, la larve pénètre dans une graine et s'y nourrit. La Bruche peut rester longtemps dans la graine (Figure 7). Les symptômes sont l'apparition de trous sur les graines. Les traitements chimiques au champ consistent en des applications d'insecticides. Il est recommandé d'utiliser des semences saines (indemnes de bruches).



**Figure 6** : Puceron noir de la fève.



**Figure 7** : Bruche de la fève.

## **B. LE BORE**

### **I. Historique du bore**

Le bore est le troisième membre du troisième groupe du tableau périodique; c'est un non-métal avec un nombre atomique de cinq et une valence constante de 3+. Bien que l'usage commercial du borax est connu depuis le Moyen Age, l'importance du bore en agronomie ne fut connue qu'après la découverte du bore dans les cendres des plantes par Witstein et Apoiger en 1857. Bien plus tard, G.Bertrand en 1905 recommande l'utilisation du bore comme engrais et en 1912 il signale que des traces de bore sont essentielles pour la croissance des plantes. Warington en 1923, dans son travail sur la fève, semble le premier à fournir des preuves irréfutables sur la nécessité du bore.

La preuve de l'indispensabilité du bore pour les plantes en général est accréditée par Sommer et Lipman en 1926. Les essais aux champs de Brandenburg(1931) 10 démontrent que la maladie du cœur de la betterave à sucre et de la mangue est due à la carence en bore, ce qui incita à la recherche sur le bore ; peu de temps après le borax devint un fertilisant de plusieurs cultures.

### **II. Effet du bore sur les plantes**

Le bore joue un rôle important dans les plantes, dans la structure des parois cellulaires, la nouaison, la fructification et le développement des graines. Il intervient également dans la synthèse des protéines et dans le métabolisme des glucides. Le bore participe à la formation et à la fertilité du pollen. Il favorise l'absorption du potassium, du phosphore, du magnésium et autres cations. (Vannetzel et Boizet, 2013)

### **III. Le bore dans le sol**

La plupart des auteurs s'accordent sur la teneur de bore total dans les sols. Cette teneur varie entre 2 et 100 ppm (Swaine, 1955; Sillanpaa, 1972; Krauskopf, 1972 ; Evans et Sparks, 1983 ...), d'autres auteurs cités par Aubert et Pinta ,1979 donnent les moyennes de 1-2 à 250-270 ppm pour les sols tourbeux eutrophes de la Palestine. Les roches les moins riches sont les roches éruptives et les teneurs les plus élevées se trouvent dans les sols formés sur schistes, lœss, alluvions et toutes textures sédimentaires fines.

Le bore est un élément lithophile (il se trouve principalement dans les minéraux silicatés), il existe souvent sous forme d'oxyanion à cause de sa petite taille (rayon ionique = 0,23 Å° ; Evans et Sparks, 1983).

Dans les solutions aqueuses, il se trouve sous forme d'acide borique, un acide monobasique faible qui joue comme un accepteur d'électron (Parfitt, 1978). Le bore réside principalement dans les minéraux argileux; les argiles d'origine marine sont plus riches en bore que les argiles des vallées inondées par les rivières ou des lacs.

Cette différence est utilisée comme critère pour reconnaître l'origine de l'argile, bien que les chercheurs ne soient pas tous d'accord sur ce critère. Les minéraux du bore ne sont pas formés uniquement par une précipitation d'origine géologique, ils sont facilement altérés par le changement de température après la déposition; le Kernite est un exemple qui illustre ce phénomène. Un autre minéral plus connu, le borax est formé par un échauffement faible des sédiments initiaux (Smith, 1960).

Le bore comme les autres oligo-éléments existe sous forme de "pools" chimiques qui sont les suivants : Ions solubles à l'eau, Ions échangeables, Ions complexes, chélatés, ou adsorbés, Oxydes métalliques, minéraux argileux secondaires et Minéraux primaires.

Le bore du sol peut être réparti en trois fractions : totale, soluble à l'acide et soluble à l'eau.

La teneur en bore total est peu importante pour le diagnostic agronomique de l'état de disponibilité du bore ; le plus souvent moins de 5 % de bore total est disponible pour les plantes. Le bore soluble à l'eau peut donner des indications générales sur le bore disponible.

Certains auteurs dont Fleming (1980) y attachent trop d'importance en considérant que le bore soluble à l'eau sert de guide pour la capacité nutritionnelle du sol en bore et classent les sols en trois catégories:

- 1) à moins de 1 ppm le bore est insuffisant pour une croissance normale des plantes,
- 2) de 1 à 5 ppm le bore est suffisant pour une croissance normale des plantes,
- 3) à plus de 5 ppm le bore peut avoir des effets toxiques.

Dans le sol, la disponibilité du bore est dépendante de la texture, du pH, de l'humidité du sol, et de la matière organique. Kubota et al. En 1948 ont trouvé que le bore est plus mobile dans les horizons de surface des sols sableux et que cette mobilité baisse dans les horizons profonds où le pourcentage d'argile devient plus important et réduit le mouvement d'eau. Le bore est moins soluble dans les milieux à pH élevés il est donc important de surveiller le pH en cas de chaulage des sols acides; par contre le bore disponible dans ces sols reste facile à lessiver et des problèmes de carence peuvent avoir lieu dans les sols très alcalins. La fixation du bore en cas de surchaulage vient plutôt des sels alcalins issus du chaulage, que du Ca apporté. Berger et Truog, (1945) ont montré que l'augmentation du pH au-dessus de 7,0 est nécessaire si on veut réduire le bore disponible de pH 4,7 à 6,7 le bore disponible augmente dans les sols cultivés. Les sols des régions arides et semi-arides sont riches en bore total. La toxicité du bore se manifeste pour plusieurs végétaux quand le taux du bore est entre 0,5 et 5 ppm ; celui-ci se révèle présent dans beaucoup de sols irrigués de ces régions (Evans et Sparks, 1983) et surtout dans les régions très sèches (Maynard, 1979).

Les principales formes reconnues de bore dans les sols sont

- Bore présent dans les structures des silicates,

- Bore associé aux minéraux argileux et aux sesquioxides (bore adsorbé),
- Bore dans la matière organique.

De nombreuses études ont été faites (Biggar et Milton, 1960 ; Hingston, 1964 ; Couch et Grim, 1968 ; Keren et Mezuman, 1981), pour déterminer le mécanisme de l'adsorption du bore dans les argiles et les sols. Toutefois, en considérant le sol comme un système complexe et hétérogène, plusieurs travaux ont été menés pour étudier le bore dans les argiles pures, les oxydes Al et Fe et les composés organiques afin d'expliquer la présence et le rôle du bore dans les sols.

Cette explication est loin d'être achevée aujourd'hui ; des études suggèrent plusieurs mécanismes d'action du bore, parmi eux :

- 1) l'adsorption des ions boratés,
- 2) l'adsorption de molécules d'acide borique,
- 3) la formation des complexes organiques,
- 4) la précipitation de borate insoluble avec l'Al et le Si,
- 5) l'entrée du bore dans la structure des argiles.

De nombreuses conclusions apparaissent sur l'adsorption du bore. La plus plausible est probablement l'accroissement de l'adsorption du bore avec le pH. L'illite est le plus actif dans les pH faiblement basiques (Hingston, 1964 ; Keren et Mezuman, 1981), avec augmentation de l'adsorption aux pH 5 à 8,5. Cette augmentation est due à l'adsorption des ions boratés ou au changement de surface des argiles qui favorisent la création de sites d'adsorption. L'adsorption du bore dans la montmorillonite augmente largement entre pH 7,0 à 9,5 (Hingston, 1964).

L'acide borique domine dans des pH inférieurs à 7,0. Les borates prédominent dans des pH plus élevés. L'effet du climat et des conditions du sol sur les oligo-éléments en général et le bore en particulier, reste assez mal connu. L'absorption racinaire prend principalement la forme borate  $\text{BO}_3^{--}$  associée à l'acide borique  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

Le bore agit sur la multiplication cellulaire dans les méristèmes. Il intervient aussi dans le métabolisme des sucres et leur translocation dans la plante. Il est indispensable pour la production d'un pollen fertile. Peu mobile, il n'est pas aisément remobilisé à partir des feuilles vers les points de croissance. Les symptômes de carence apparaissent sur les jeunes pousses, les boutons ou les cœurs de certains végétaux (betterave, tournesol, chou-fleur, navet,...). Le bore peut devenir toxique au-delà d'une concentration peu supérieure à celle jugée adéquate pour la plante. Les symptômes apparaissent par une nécrose qui commence par le bord extérieur des feuilles.

## I . Objectif

Ce travail a été effectué dans l'optique d'expérimenter et d'évaluer l'effet du bore sur la rétention des fleurs et des gousses de quelques lignées de fève et de féverole.

## II. Protocol expérimental

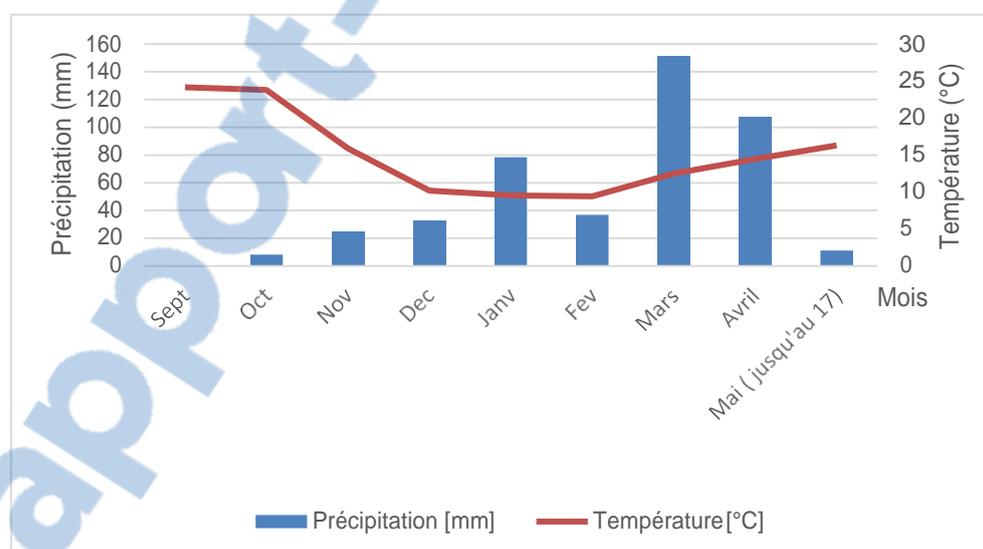
### 1-Site expérimental

Nos travaux ont été entièrement réalisés dans le Domaine Expérimental de Douyet en son Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès (INRA), 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 Yacoub). La superficie totale est de 440ha.

### 2-Donnée pédoclimatiques

Il s'agit d'un Sol argilo-calcaire, très fertile et bien profond. La pluviométrie moyenne (sur 40 ans): est de 510 mm La température est de type méditerranéen à hivers froids et à étés chauds et secs. La température maximale: 46 °C, température minimale : 5°C, La température moyenne varie de 10 à 27°C.

La campagne agricole 2017-2018 a été impactée par une mauvaise répartition des pluies ainsi que leur faible quantité surtout au mois de février et par une forte pluviométrie durant mars (figure 8).



**Figure8** : Variation de la température et de la pluviométrie au niveau du Domaine Expérimental de Douyet pour la campagne 2017/2018.

### 3-Itinéraire technique

Le labour est réalisé le 17/01/2018 et le semis est effectué le 19/01/2018 (tableau 1). Le précédent cultural de cette parcelle est une jachère travaillée.

**Tableau 1** : Itinéraire technique

Date	Opération
17/11/2018	Traitement contre les mauvaises herbes round up (3l/ha)
16/01/2018	Cover crop croisé
17/01/2018	Engrais
17/01/2018	Motoculteur
19/01/2018	Traçage des lignes + semis
22/01/2018	Désherbage manuel
08/03/2018	Désherbage des allées par motoculteur
03/03/2018	Traitement décis contre les insectes (1L/ha)
08/03/2018	Montage cage fer
09/03/2018	Montage cage filet
13/03/2018	Désherbage manuel

### 4-Traitement étudié et dispositif expérimental

#### 4-1. Traitement étudié

Notre étude consiste à pulvériser le bore, en l'appliquant sous deux dosages différents du produit « Quel-B » sur 6 lignées de *Vicia faba* (3 fèves et 3 féverole) en les comparant avec un témoin non traité. Un premier dosage de bore de 150cc/hl et un deuxième de 250cc/hl. Ce produit est composé essentiellement du bore est en riche de 11% p/p et 15% p/v. L'usage d'un témoin a été dans le but de le comparer avec les lignées traitées, afin de mieux appréhender la

performance du bore sur dernières. Tout cela a été réalisé pour tester l'effet du bore sur la rétention des gousses.

#### 4-2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un dispositif en six parcelles. Chaque parcelle élémentaire comprend une seule lignée d'où on a pris 5 tiges principales, chaque lignée, qui à son tour a été divisé en trois parties, 2 types de dosages différents et un témoin (figure 9).

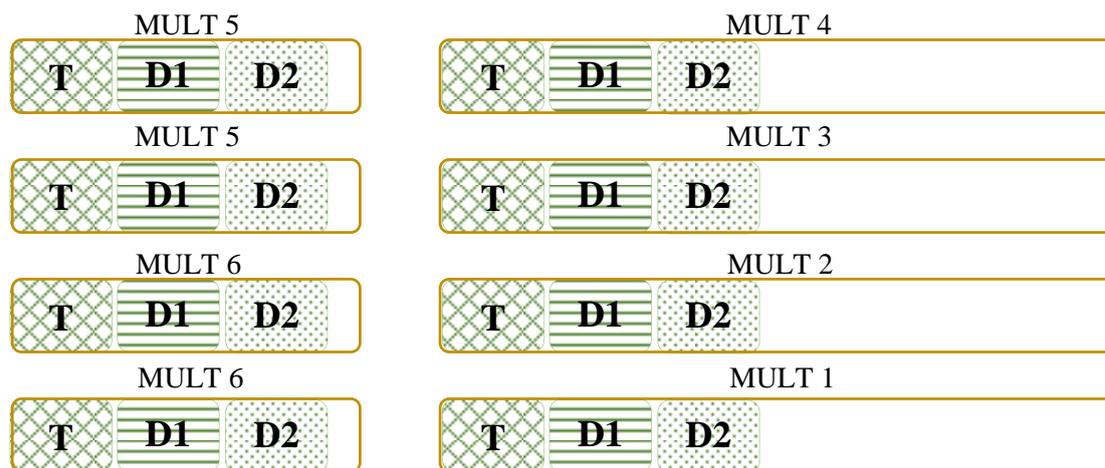


Figure9: Plan de la parcelle d'expérimentation

#### 5. Notations et observations

La phénologie de la plante est suivie depuis la floraison jusqu'à la fructification, en choisissant la tige principale de 5 plantes pour les 6 lignées pour chaque dose du bore ainsi que celle du témoin.

Les mesures suivantes ont été effectuées chaque semaine (sauf pour le premier comptage qui a été retardé à cause des pluies) :

**i. Hauteur de la tige principale (en cm)**

La hauteur de la plante est mesurée à chaque fois pour les cinq plantes.

**ii. Composantes du rendement**

Les composantes du rendement ont été calculées sur la base de 5 plantes prises et numérotées au sein des six lignées traitées par deux dosages (D1 et D2). Il s'agit du :

1. Nombre de tiges par plante.
2. Nombre de nœuds par tige.
3. Nombre de fleurs par nœuds.
4. Nombre de gousses par nœuds.

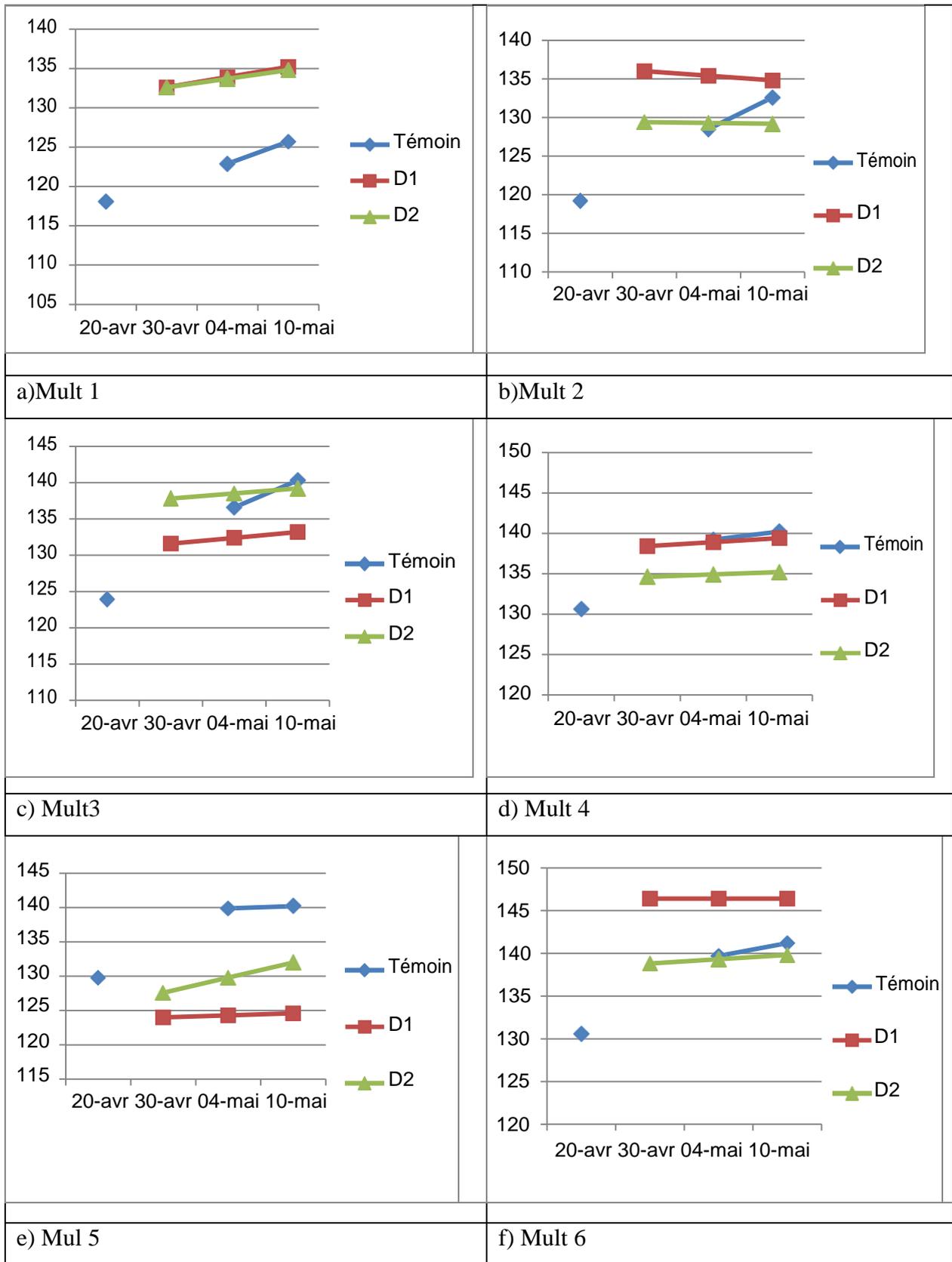
## 6. Traitement des données

Le calcul 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

### 1. Evolution de la taille des tiges principales

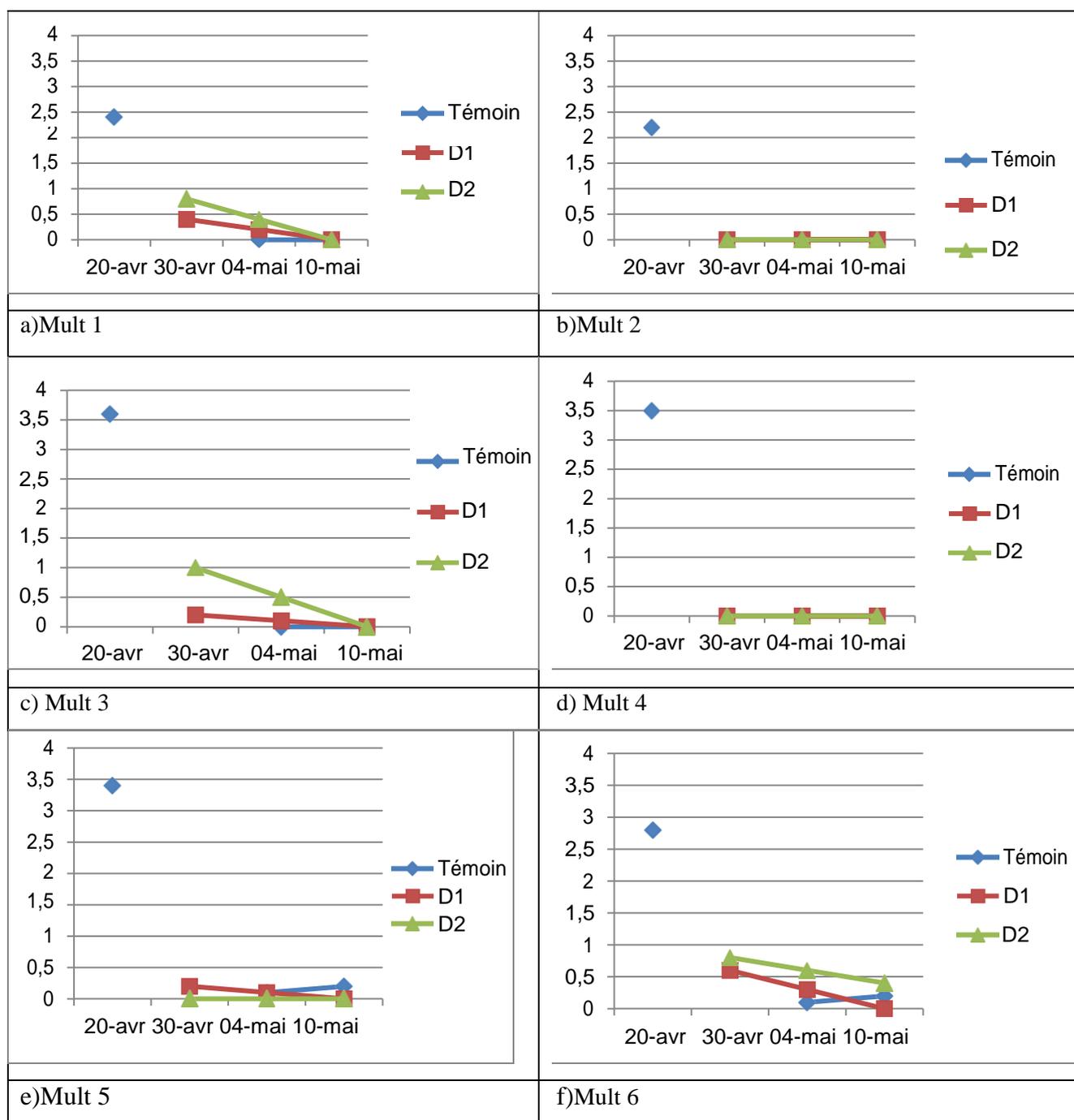
En appliquant le traitement du bore sur Mult 1, nous remarquons que les tiges principales de fèves y ont réagi positivement, ce qui s'est manifesté par la croissance de leur taille en atteignant une longueur de 135 cm pour les deux dosages. Concernant Mult 2 et 6, c'est le dosage 1 qui a donné un meilleur résultat pour la longueur des tiges par rapport au témoin. Alors que le dosage 2 a réduit la hauteur de la lignée 2 et n'a pas sensiblement réduit la hauteur de Mult 6. Tandis que la hauteur de Mult4 a été affectée négativement par le dosage 2 puisqu'elle a été réduite alors qu'elle est restée assez semblable à la taille du témoin sous l'effet du dosage 1. Alors que pour Mult5, nous notons que les deux doses ont induit une baisse considérable de la taille des tiges. Pour Mult 3, nous constatons pour le dosage 1 au 30 avril que la hauteur était dans le même ordre que celle du témoin. Puis très faible augmentation au point, qu'à la dernière mesure, la hauteur des plantes, traitées sous le dosage1, est inférieure à celle du témoin. Pour le dosage 2, nous remarquons au début une légère augmentation de la hauteur puis stagnation de l'évolution de la hauteur. C'est ainsi que, le 10 mai, hauteur est presque identique à celle du témoin (figure 10).



**Figure 10 :** Hauteur de la tige principale de fève en fonction de la date.

## 2. Evolution du nombre de fleurs des tiges principales

La fève est connue pour la chute remarquable de ses fleurs. Entre les deux dates de comptage (le 30 avril et le 4 mai), nous constatons un retard de chute de fleurs pour Mult1, 3et 6, grâce à la dose 2 qui a permis une meilleure rétention des fleurs contrairement à la dose 1. Pour Mult 2, 4 et 5, la floraison était déjà achevée lors de nos dates de mesure. En effet, ces lignées sont caractérisées par une floraison précoce (figure 11).

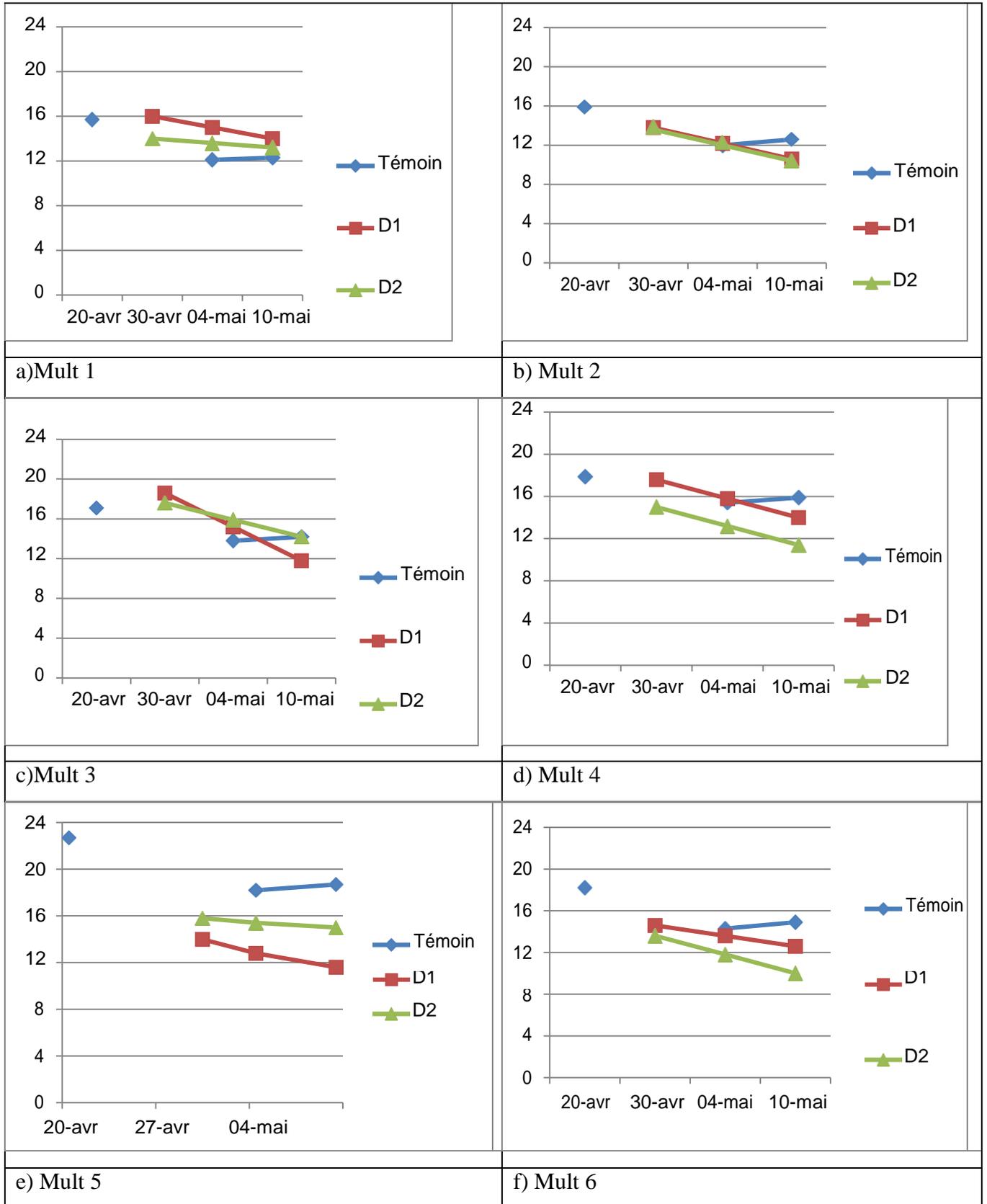


**Figure 11** : Evolution du nombre de fleurs par tige principale pour les différentes lignées.

### 3. Evolution du nombre de gousses des tiges principales

Nous constatons une meilleure rétention des gousses tout au long de nos comptages pour Mult 1. Ceci est dû à l'effet positif du bore sur la rétention des fleurs de la même lignée. Cette dernière a réussi à résister au stress hydrique du mois de mai. Tandis que pour Mult 2 et 4, nous apercevons pour les deux traitements que le bore a eu un effet négatif sur la rétention des gousses au niveau de la tige principale.

Quant à Mult 5 et 6, nous remarquons une importante chute de gousses par rapport au témoin non traité. Ce qui montre que le bore a eu un effet néfaste sur ces deux lignées. En ce qui concerne Mult 5 et 6, le nombre de gousses par tige principale était inférieur à celui du témoin à la dernière mesure du 10 mai. Pour Mult 3, malgré la rétention des gousses sur les tiges principales dû à l'effet du bore que nous avons apprécié lors des deux premiers comptages, nous constatons que le nombre de gousses sous le traitement de la dose 2 est légèrement identique au témoin, en revanche, celui de traitement de la dose 1 est inférieur à ce dernier (figure 12).



**Figure12** : Evolution du nombre de gousses par tige principale pour les différentes lignées.

L'utilisation d'un matériel végétal nécessite la connaissance de l'effet du bore sur la rétention de la fleur et de la gousse.

Les résultats obtenus montrent que le bore a réagi positivement sur Mult 1, précisément sur l'augmentation de la taille de leurs tiges principales et sur la rétention de leurs fleurs et gousses. Tandis que le bore a été néfaste sur toutes les variabilités de la lignée 5.

Nous notons que le dosage 1 a permis une meilleure rétention des fleurs et gousses ainsi qu'une amélioration au niveau de la longueur des tiges principales contrairement au dosage 2.

La diminution du nombre de fleurs au niveau des lignées 2,4 et 5 est liée à la fin de la floraison par conséquent nous n'avons pas pu bien distinguer l'influence des deux dosages différents du bore sur la rétention des fleurs.

Comme étude préliminaire, nous devons appliquer le bore au début de l'apparition des boutons floraux sous plusieurs dosages différents (plus de deux) et pour une seule variété.

Enfin, pour obtenir des meilleurs résultats la lignée 1 doit être choisie, car elle répond le plus au traitement effectué.

**Anonymes, Janvier 2016** «GUIDE PRATIQUE POUR LE CONSEIL AGRICOLE LENTILLE POIS CHICHE FÈVE » 26 p.

**Aubert El., Pinta M., 1971** - Les éléments traces dans les sols. Travaux et Documents de l'ORSTOM n° 11 t 98 p.

**Berger K.C. Truog E., 1945** - Boron availability in relation to soil reaction and organic matter content. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 10- : 113-116.

**Bertrand G., 1905** - Sur l'utilisation du manganèse comme engrais. C.R. Acad. Sci. Paris, 26 : 1255-1257.

**Biggar J.W., Milton F., 1960** - Boron adsorption and release by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 24 : 115-119.

**Blackman R.L. & Eastop V.F., 2007**. Taxonomic issues (chapter I). in: Van Edmen H F Harringtons: aphids as crop pests .CABI International, Oxfordshire, UK, 968-1003.

**Boughdad A. 1996**. Bruchus rufimanus, un insecte ravageur des grains de Vicia faba L. au Maroc. Réhabilitation of fababeans Ed actes, 179-184.

**Brandenburg E., 1931** - Die Herz- und Trockenfaul der Rüben als Bormangelerscheinung. Phytopath. Z., 3 : 499-517.

**Chaux C. & C. Floury. 1994**. Légumineuses potagères, légumes, fruits. Production légumière sec, Tome 3, Technique et documentation Lavoisier : 3-15.

**Couch E.L., Grim R.E., 1968** - Boron fixation by illite clays. Clay miner., 16 249-256.

Cubero, J. I. 1974. On the evolution of Vicia faba L. Theoret. app. Genet. 45: 47-5

**Dajoz R., 2000**. Eléments d'écologie .Ed. Bordas Paris, 5ème édition, 540p.

**Daoui K., 2007**. Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de doctorat. Science agronomique et ingénierie biologique. Louvain. 227p.

**Dorette M.S & Kroschel J. 2005**. The potential of Ulocladium botrytis for biological control of Orobanche spp. Biological Control 33: 301-306.

**Duc. G. 1997**, « faba bean (Vicia faba L) » Field Crops Research, 53 : 99-109pp

**EL Baghati 1995** « la production des légumineuses alimentaires au Maroc » AlAwamia (89), 77-82 pp

**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 2ème séminaire

- du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.
- Evans M.C., Sparks L.D., 1983** - On the chemistry and mineralogy of boron in pure and in mixed systems: A review. *Comm. Soil Sci. Plant* n°1. 14(9) : 837-846.
- FAOSTAT, 2017.** <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=fr#ancor>
- Fleming G.A., 1980** - Essential micronutrients : Boron and <sup>109</sup>Cd. In E.B. DAVIES (Ed.) *Applied soil trace elements*, J. WILEY and Sons, New York, 482 p.
- Gerard C. 1990.** La féverole, *Encyclopédie Technique Agricoles*, Paris. Production Végétale; 213p.
- Gong Ya-ming ;XU Sheng-chun, MAO Wei-hua, LI Ze-yun, HU Qi-zan, ZHANG Gu-wen and Ding Ju, 2011,** « Genetic Diversity Analysis of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Based on EST-SSR Markers », *science direct* 838-844 pp
- Gordon.M.,2004.** Haricot secs :Situation,Prospective et Agroalimentaire.Canada,pp 1- 7.
- Goyoaga C.,Burbano C.,Cuadrado C., Romero R., Guillamo N E., Varela A., Pedrosa M.M. et Muzquiz M., 2011.** Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of food composition and Analysis* 24, 391-397.
- Green C.F., Hebblethwai A. & Hellene R. 1986.** The practice irrigating of faba bean. *Revue fabisnews letter* N°5 Ed ICARDA Syria,: 26-31.
- Guen, J. , and Duc G. , 1992.** La féverole. In «Amélioration des espèces végétales cultivées» Gallais A., Bannerot H. (Eds.) : 189-203.
- Hamadache A. 2003.** La féverole. *Inst. Tech. Gr. Cult (T.T.G.C)*, 13p
- Harry M. 2003.** Faba bean, In: *Agfact* second, edition; Division of Plant Industries Peter Matthews, District Agronomist, Temora , Research Agronomist, Tamworth, pp: 4-27.
- Hingston F.J., 1964** - Reactions between boron and clays. *Austr. J. Soil. Res.*, 2 : 83-95.
- Keren R., Mezuman U., 1981 - Boron adsorption by clay minerals using a phenological equation. *Clay mineral*, 29 : 198-204.
- Khalidi R., Zekri S., Maatougui M.E.H. & Ben Yassine A. 2002.** L'économie des légumineuses alimentaires au Maghreb et dans le monde. *Proceeding du 2ème séminaire du réseau remafeve/remala.* « le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghre».Hammamet, Tunisie, 100p.

- Kharrat , 2002.** Etude de la Virulence de l'Ecotype de Beja d'Orobanche foetida sur Différentes Espèces de Légumineuses. Procceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.
- Kolev N.,1976.** Les cultures maraichères en Algérie ; légume, fruit, Ed J. BAILLIERE.Paris. Vol I, 207p.
- Krauskopf B.K., 1972** - Geochemistry of micronutrients-7-36. In J.J. MORTVEDT M. GIORDANO, W.L. LINDSAY (Eds), "Micronutrients in agriculture". Soil Sei. Soc. Amer. Inc., Madison, USA, 666 p.
- Kubota J., Berger K.C., Truog E., 1948** - Boron movement in soils. Soil Sel. Soc. Amer. Proc., 13 130-134.
- Laamari A. Bentaibi A. , Fadlaoui A, Al Balghitti A. Dahan R, Badraoui I, Aden Aw-Hassan 2016** « Acteurs de la chaîne de valeur des légumineuses »
- Laumonier R.,1979** :Cultures légumières et maraichères,TomeIII.Ed.J.B.BAILLIERE,276p
- Link W., C.F. Balko & L. Stoddard 2010.** Winter hardiness in faba bean: Physiology and breeding. Field CropsResearch115 (3): 287-296.
- Maatougui M.E.H.,1996.**Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of fababean . Ed actes. Rabat (Maroc) 202p.
- Mathon C.C.,1985** :Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication.Faculté des sciences de l'université de Poitier.17p
- Maynard D.N., 1979** - Nutritional disorders of vegetable crops. Areview. J. Plant Nut', 1 (1) : 1-23.
- Mesquida, J., J. le Guen, J. N. TaseI, S. Carre and G. Morin. 1990.** « Modalités de la pollinisation chez deux lignées de féverole de printemps (Vicia faba L., var equina Steudel). Effets sur les couleurs, de la productivité et les taux de croisements ». Apidologie, (21), 511-525pp
- Parfitt R.I., 1978** - Anion adsorption by soils and soil materials. Adv. Agron., 30 : 1-50.
- Peron J-Y.,2006** Références.Production légumières 2ème Ed.613p.
- Planquaert P.H. & Girard G. 1987.**La féverole d'hiver, revue, ITCF 3eme Tim, 32p.
- Rachef S.A., Oumer F &Ouffroukh A. 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification), 16.36-41.

- Rhaim A. 2002.** Studies on the pathogenic variability among isolates of botrytis spp. from Tunisia and resistance of faba bean genotypes to chocolate spot. In :11 congress of the mediterranean phytopathological union, 146-148.
- Sadiki M. et Lazraq A. 1998.** Projet « AMELIORATION DE LA CULTURE DES LEGUMINEUSES ALIMENTAIRES ». Fiche technique de la fève et la féverole. 26p.
- Shultze-Motel, J.V., 1972.** Die archaologische reste der Ackerbohne *Vicia faba* und die gansse der Art Kulturpfl. 19 : 321-358. Suso, M.J., Moreno, M.T., Mondragao-Rodrigues F., Cubero J.I., 1996. Reproductive biology of *Vicia faba*: role of pollination conditions. Field Crops Research, 46: 81-91.
- Sillanpaa M., 1972.** Trace elements in soils and agriculture. Soil Bul., 17, FAO, Rome, 67 p.
- Smith W.C., 1960** - Borax and borates. 103-122. In "Industrial minerals and rocks", Am. Inst. Mining Metallurg. Engineer.
- Somner A.L., Lipman C.B., 1926** - Evidence of the indispensable nature of zinc and boron higher green plants. Plant physiol., 1 : 231-249.
- Swaine D.J., 1955** - The trace element of soil. Comman. Bur. Soils. Teck. comm., 48, 157 p.
- Vannetzel Elise et Boizet Fabienne, 2013.** Diagnostic des accidents de la féverole et du pois. Arvalis. Institut du végétal. Mai 2013. 84 pp
- Vertès F., Jeuffroy M -H. , Justes E., Thiébeau P. , Corson M. 2010** ; « Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation » Innovations Agronomiques( 11) , 25-44.
- Warrington K., 1923** - The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. Ann. Bot., 37 : 629-672.
- Wittstein A., Apoigier F., 1857** - Ann. der Chem. U. Phare (Liebig), 103, 362-364. (cité par FLEMING, 1980).