

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

Option : Biotechnologie des Plantes Aromatiques et Médicinales et des Produit Naturels

Projet de fin d'étude pour l'obtention du

Diplôme de Master

Thème :

**Impact du puceron noir (*Aphis fabae Scop*). sur la
variation temporelle des polyphénols de la fève
(*Vicia faba L.*).**

Présenté par : **FEKIR Narimane**

Devant le jury composé de :

Mr AISSAT A.	Maitre de conférences	Président	U.S.D.B.
Mme FAIDI H.	Maitre Assistant	Examinatrice	U.S.D.B.
Mme MOUMENE S.	Maitre Assistant	Examinatrice	U.S.D.B.
Mme BELGUENDOZ R.	Maitre de conférences	Promotrice	U.S.D.B.

Année universitaire: 2013 - 2014

Remerciements

Remerciements

Avant tout, je remercie mon Dieu de m'avoir donné la volonté afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail.

*Aux joyaux de ma vie "**mes parents**" qui sont la source de ma réussite, je souhaite qu'ils trouvent à travers ce mémoire le faible témoignage de leurs efforts et sacrifices.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à, madame **HOUMANI Z.**, Pour son aide et ses conseils.*

*Je remercie également Monsieur **AISSAT A.**, pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury de ce mémoire.*

*J'exprime mes profonds remerciements, ma vive reconnaissance et ma sincère gratitude à **Mme BELGUENDOZ R.**, pour avoir accepté de m'encadrer et pour ses conseils et ses précieuses orientations qu'elle n'a cessé de m'apporter tout au long de ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements à **Mme FAIDI H.**, pour son aide, et ses conseils tout au long de la réalisation d ce travail. Et de me fait l'honneur d'accepter d'examiner ma thèse.*

*Je tiens à remercier **Mme MOUMENE S.**, pour avoir accepté de juger ce modeste travail.*

Je remercie les techniciennes de laboratoire pour leur précieuse contribution.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à tous mes amis pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble.

Je remercie gracieusement mes frères qui m'ont soutenue, m'ont encouragée, pour que ce travail aboutisse.

Enfin, Je tiens à remercier chaleureusement mes collègues de notre spécialité, avec qui j'ai partagé le plaisir d'apprendre. Merci pour le sourire, l'aide et la gentillesse.

Dédicace

- ❖ *A l'aide de dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie,
J'ai pu réaliser ce travail que je dédie :*

- ❖ *A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma
vie ma mère qui ma apporté son appui durant toutes mes années
d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance,
courage et sécurité.*

- ❖ *A mon cher père qui ma appris le sens de la persévérance tout au
long de mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses
Encouragements.*
 - ❖ *A mes très chers frères Abdallah, Billel.*
 - ❖ *A ma très chère, la petite sœur Hassna*
 - ❖ *A mes meilleurs amis asmaa, souaad, houria.*
 - ❖ *A toute la famille FEKIR.*

FEKIR NARIMANE.

Résumé

Dans l'objectif de savoir l'impact du puceron noir (*Aphis fabae Scop*). Sur la variation temporelle phytochimique de la fève (*Vicia faba L*), nous avons entrepris ce travail pour évaluer la variation des taux de polyphénols totaux et de quatre sucres (glucose, saccharose, galactose, fructose), selon la variété (fève et féverole), l'état sanitaire du genre *Vicia* et la période phénologique. Les résultats obtenus de l'extractions des polyphénols à partir des poudres de feuilles de la fève et de la féverole (saines et infestées), montrent que la variation temporelle des rendement des polyphénols totaux des feuilles infestées de la fève (24,20%) et la féverole (22%) est plus élevé que celui des feuilles saines (18,7% et 17,6%), avec une différence significative, et la variation temporelle de la teneur en polyphénols des feuilles infestées de la fève est la féverole [0,3910 g; 0,3609 g EAG / g de poudre] est supérieure à celle des feuilles saines [(0,3661g; 0,3318g EAG / g de poudre], avec une différence significative. L'analyse statistique montre une corrélation très significative pour la fève et significative pour la féverole entre le rendement des polyphénols et le taux d'infestation et une corrélation significative pour la fève et corrélation marginalement pour la féverole entre les teneurs en polyphénols et le taux d'infestation. Ainsi qu'une différence significative des teneurs en sucres étudiés des feuilles de la fève saine et infesté. L'analyse Par FTIR a montré que certains composés présents dans les feuilles saines sont aussi présents dans les feuilles infestées, mais avec des quantités différentes. S'ajoutant à cela, certains composés qui ont disparus en raison de l'infestation (des groupements d'amides, alcanes, amines et acide carboxyliques). Il reste, à l'avenir, de déterminer si cette composition chimique (qualitative et quantitative) avant ou après l'infestation est d'un intérêt pour le domaine médical ou de phytoprotection.

Mots clés : puceron noir (*Aphis fabae Scop*), *Vicia faba L*, feuilles, polyphénoles, sucres.

بهدف تأثير (Aphis fabae Scop) التغيير الكيميائي polyphénols السكريات
 (Vicia faba L) بين هذه لتقييم التباين النوعية (الفول و الفويلة) الصحية Vicia
 الفيزيولوجية. polyphénols مساحيق الفويلة (السليمة و) تظهر
 التغيير polyphénols (24.20) ي (22) هو
 صحية (17.6 18.7) كبير والتغيير polyphénols
 و الفويلة [0,3910 g; 0,3609 g EAG / g] هو
 [(0,3661g; 0,3318g EAG / g) كبير. أظهر التحليل كبير للفول و الفويلة كبير للغاية
 بين polyphénols أيضا كبير بين محتويات polyphénols .
 يات المدروسة صحية . وأظهر التحليل FTIR
 أيضا صحية كميّات .
) و كربونيات (alyphatiques). ويبقى
 هذا التركيب ليميائي () هو وقاية .

polyphénols (Vicia faba L) (Aphis fabae Scop) :
 والسكريات.

Summary

With the aim of knowing the impact of the black aphid (*Aphis fabae* Scop). On the phytochemical temporal variation of the bean (*Vicia faba* L), we undertook this study to evaluate the change rate of total polyphenols and four sugars (glucose, sucrose, galactose, fructose), depending on the variety (bean and faba bean) , the health status of *Vicia* gender and phenological period. The results of the extraction of polyphenols from the powders of leaves of the bean and faba bean (healthy and infested) show that the temporal variation of the yield of total polyphenols infested bean leaves (24.20%) and faba bean (22%) is higher than that of healthy leaves (18.7% and 17.6%), with a significant difference, and the time variation of the polyphenols content of the bean infested leaves is faba beans [0.3910 g; 0.3609 g EAG / g powder] is higher than that of healthy leaves [(0,3661g; EAG 0,3318g / g of powder], with a significant difference Statistical analysis shows a highly significant correlation for the bean. and significant for faba beans between the yield of polyphenols and the rate of infestation and significantly related to the bean and faba bean correlation between marginally to the levels of polyphenols and the rate of infestation. And a significant difference in levels sugars studied the leaves of healthy and infested bean. By FTIR analysis showed that some compounds found in healthy leaves are also present in infested leaves but with different amounts. Adding to this, some compounds that have missing due to infestation (groups of amides, alkanes, amines and carboxylic acid). It remains in the future, whether this chemical composition (qualitative and quantitative) before or after the infestation is to an interest in the medical field or plant protection.

Keywords: black aphid (*Aphis fabae* Scop), *Vicia faba* L, leaves, polyphenols, sugars.

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Donnée bibliographique sur la plante.

1. La fève <i>Vicia faba</i> L.....	3
1.1-Généralité.....	3
1.2-Origine.....	3
1.3- Classification.....	4
1.4-Exigences climatiques et édaphiques de la fève.....	4
1.5-Phénologie.....	4
1.6- Les différentes variétés de (<i>V.faba</i>) présentes en Algérie.....	5
1.6.1. La Séville.....	5
1.6.2. L' Aguadulce.....	5
1.6.3 .La Muchaniel.....	5
1.6.4 .La Sidi moussa.....	6
1.6.5. La féverole.....	6
1.7- Répartition géographique.....	7
1.7.1. Dans le monde.....	7
1.7.2. En Algérie.....	7
1.8-Intérêt culturaux de la fève.....	8
1.8.1 .Intérêt agronomique.....	8
1.8.2 . Intérêt alimentaire.....	8
1.9-Importance économique de la fève.....	9
1.9.1- Dans le monde.....	9
1.9.2-En l' Algérie.....	9
1.10-Les contraintes de la culture des fèves en Algérie.....	10
1.10.1-Contraintes abiotiques.....	10
1.10.2-Contraintes biotique.....	11

1.10.3-Contraintes culturelles.....	14
1.10.4- Contraintes socio-économiques.....	14
1.11-Composition chimique de fève.....	14

Chapitre 2 : Donné bibliographique sur les polyphénols.

2. Les polyphénols.....	15
2. 1-Généralité.....	15
2. 2-Classification des composés phénoliques.....	15
2.2.1- Les acides phénoliques.....	15
2.2.2-Les flavonoïdes.....	16
2.2.3-Les tanins.....	17
2. 2.4- Lignines.....	17
2. 2.5- Stilbènes.....	17
2.3- Propriétés biologiques des polyphénols.....	19
I.4- Les polyphenoles de <i>Vicia faba</i> L.....	20
2.4.1- La composition phénolique de la graine de la féverole.....	20
2.4.2- Les flavonoïdes chez <i>Vicia faba</i> L.....	20
2.4.3- Les tanins de <i>vicia faba</i> L.....	20
I.5- Rôle des composés phénoliques dans les plantes.....	21

Chapitre 3 : Donné bibliographique sur Le puceron noir de la fève *Aphis fabae*.

Les pucerons.....	22
3.1-Généralité.....	22
3.2- Le puceron noir de la fève <i>Aphis fabae Scopoli</i>	22
3.2.1-Classification.....	22
3.2.2- Description.....	23
3.2.3 - Cycle biologique.....	24
3.2.4 - Plantes hôtes.....	25
3.2.5 - Dégâts.....	25
3.2.6- Lutte contre les pucerons.....	26

PARTIE EXPERIMENTALE

Matériels et méthode

I. Matériel.....	28
I.1. Matériel végétal.....	28
I. 2. Matériel animal.....	28
I.3. Matériel non biologique.....	28
II. Méthodes.....	29
II.1. Germination.....	29
II.2. Suivi de la croissance.....	29
II.3. Infestation des plants.....	30
II.4. Prélèvement.....	31
II.5. Séchage du matériel végétal.....	31
II.6. Broyage.....	31
II.7. Extraction des polyphénols totaux.....	31
II.7.1. Etapes d'extraction par le méthanol 99,6%.....	32
II.7.2. Dosage des polyphénols.....	33
II.8. Analyse spectroscopique des poudres végétales par FTIR.....	34
II.9. Les Sucres totaux.....	35
III.Exploitation des résultats.....	37

RESULTATS ET DISCUSSION

1- Variation temporelle du rendement des polyphénols totaux selon l'état sanitaire de la plante.....	38
2- La variation temporelle de la teneur en polyphénols totaux des feuilles de fève.....	41
3- Etude des corrélations.....	44
3.1 - la corrélation entre le rendement et le taux d'infestation.....	44
3.2- la corrélation entre la teneur en polyphénols et le taux d'infestation.....	45
4- Résultat d'analyse chromatographiques des poudres végétales par la méthode FTIR.....	46
5- Teneur en sucres totaux.....	49

Conclusion.....53

Références bibliographie

Annexes.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Morphologie (a, b, c) de <i>Vicia faba</i> L.....	5
Figure 2 : Variété de la fève et féverole présentes en Algérie.....	6
Figure 3 : Répartition géographique de la fève dans le monde.....	7
Figure 4 : Les zones Agro-écologiques de culture de la fève en Algérie.....	8
Figure 5 : Les maladies fongiques de la fève.....	12
Figure 6 : Exemple de quelques acides phénols de la série benzoïque	16
Figure 7 : Les différentes sous classes des flavonoïdes	16
Figure 8 : (A et B) La forme aptère et ailée d' <i>Aphis fabae</i>	23
Figure 9 : Cycle biologique de Puceron	24
Figure 10 : les prédateurs des pucerons	27
Figure 11 : Fève (<i>V.faba major</i>) (a) et féverole (<i>V.faba minor</i>) (b).....	28
Figure 12 : La germination des fèves (a) et féveroles (b)	29
Figure 13 : Fève et féverole en plein champ.....	30
Figure 14 : La fève infestée avec le puceron noir <i>Aphis fabae</i>	30
Figure 15 : Préparation de la poudre.....	31
Figure 16 : Macération (a) et agitation des extraits dans l'incubateur (b).....	32
Figure 17 : Variation globale du rendement des polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.....	38
Figure 18 : Variation du rendement des polyphénols de la fève (A) et la féverole (b) (Saine et infestée par le puceron noir).....	39
Figure 19 : Analyse statistique par le test GLM de la variation du rendement des polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.....	40
Figure 20 : Analyse statistique par le test GLM de la variation du rendement des polyphénols selon l'état sanitaire de la fève et la féverole.....	40
Figure 21 : Variation globale de la teneur en polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.....	41
Figure 22 : Variation temporelle de la teneur en polyphénols de la fève (A) et la féverole (B) (Saine et infestée).....	42
Figure 23 : Analyse statistique par le test GL de la variation de la teneur des polyphénols selon l'état sanitaire de la plante.....	42
Figure 24 : Analyse statistique par le test GLM de la variation de la teneur en polyphénols selon l'état sanitaire temporelle de la fève et de la féverole.....	43
Figure 25a : corrélation entre le rendement de la fève et le taux d'infestation.....	44
Figure 25b : corrélation entre le rendement de la féverole et le taux d'infestation.....	44

Figure 26a : corrélation entre la teneur en polyphénols de la fève et le taux d'infestation....	45
Figure 26b : corrélation entre la teneur en polyphénols de la féverole et le taux d'infestation.....	46
Figure 27 : Spectres FTIR de l'analyse des poudres des feuilles de la fève (saine).....	47
Figure 28 : Spectres FTIR de l'analyse des poudres des feuilles de la fève (infestée).....	48
Figure 29 : Spectres FTIR de l'analyse des poudres des feuilles de la fève (Saine et infesté).49	48
Figure 30 : Variation de teneur en sucres totaux de la fève.....	49
Figure 31 : Analyse de la variance par le test GLM sur la variation de la teneur des sucres selon l'état sanitaire de la fève.....	50

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Superficie et production de la fève et féverole en Algérie	09
Tableau 2 : Classification des familles des composés phénoliques.	16
Tableau 3: Activité biologique de certains composés phénoliques	19
Tableau 4: les groups fonctionnels des poudres des feuilles de la fève (saine et infesté).....	49
Tableau 5: Teneur en sucres des feuilles de la fève	50

Liste des abréviations

EAG: Equivalent d'Acide Gallique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

USDB : Université Saad DAHLEB de Blida.

UV: Ultra-violet.

R% : Rendement.

UNUP: The United nation's university presses (UNUP).

INRA : Institut Nationale de la Recherche Agronomique.

FTIR : Spectromètre Infrarouge Et Transformée De Fourier.

La fève et la féverole (*Vicia faba* L.) sont des légumineuses à graines les plus cultivées pour l'alimentation humaine au Maghreb (Kharrat *et al.* 2002). En Algérie, elles représentent, en milieu rural et au niveau des ménages à revenus limités, une grande part de la ration alimentaire (Amamra, 2002). Cette culture est sujette à plusieurs ravageurs, nous citons : la sitone du pois *Sitona lineatus*, la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* et le puceron noir *Aphis fabae* Scopoli (Laborius et Saba, 1977). Ce dernier est l'espèce qui menace le plus cette culture. (Klingauf, 1982).

Certaines hypothèses ont été avancées, postulant que les plantes utilisent différents moyens pour se défendre des agressions de leur environnement que constituent les insectes, les bactéries, les moisissures, etc. Certains de ces moyens de défense font appel aux composés polyphénoliques, qui interagissent avec le métabolisme de l'attaquant, étant alors intoxiqué et affecté, ce dernier pourrait être découragé de poursuivre son attaque. L'accumulation des composés polyphénoliques pourrait être envisagée comme une réponse non spécifique à différents types d'agression (Chérif *et al.* 2007). Selon Michalek *et al.* (1996), les composés phénoliques sont souvent impliqués dans les mécanismes de défense aux infections parasitaires. En effet, les composés phénoliques inhibent le développement des maladies Cryptogamiques.

Dans ce contexte s'inscrit ce présent travail de recherche, dont l'objectif essentiel consiste à entreprendre une étude sur l'impact du puceron noir (*Aphis fabae* Scopoli.) sur la variation phytochimique, notamment la composition en polyphénols de deux variétés de la fève (*Vicia faba* L.). Cette variation peut être un désavantage ou un avantage pour l'utilisation des extraits de cette plante dans le domaine médicinal ou de phytoprotection, pour la prévention ou la guérison contre certaines maladies. Ils sont utilisés soit purs ou dilués, tel que les polyphénols, dont l'activité biologique a été prouvée par plusieurs travaux antérieurs, nous citons Stevenson *et al.*, (1996), qui a travaillé sur l'effet biocide des polyphénols sur l'insecte (*Nilaparvata lugens* : Hémiptera,) et Havlickova *et al.*, (1998) sur les pucerons (*Sitobion avenae* F., *Metopolophium dirhodum* Wlk., *Rhopalosiphum padi* L.) sur la variété du blé : Régina.

Pour réaliser ce travail, nous avons poursuivi les étapes suivantes:

La première partie renferme la synthèse bibliographique sur la plante, les polyphénols et le puceron ravageur (*Aphis fabae*).

La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes utilisés :

➤ semis des graines de la fève et de la féverole (*Vicia faba L*) et leur culture sous serre et aux champs, suivi d'une infestation manuelle avec le puceron noir (*Aphis fabae Scop*).

➤ Extraction et dosage des polyphénols totaux selon la période d'étude.

➤ Extraction des sucres de l'échantillon.

➤ Analyse chimique par FTIR.

Suivi des résultats et discussions et enfin, une conclusion générale.

1. La fève *Vicia faba* L.

1.1-Généralité

La famille des légumineuses est très diverse, elle renferme trois sous familles (Doyle et Luckow ,2003) :

- Mimosoideae avec une fleur régulière.
- Papilionoideae avec une fleur typique en papillon.
- Caesalpinioideae avec une fleur pseudo-papillonacée.

La sous famille des Papilionoideae regroupe les espèces cultivées économiquement très importantes comme le soja, le haricot, le pois, la luzerne, l'arachide, le pois chiche et la fève (Lazrk-Ben friha, 2008).

D'après Kolev (1976), la fève *Vicia faba* se subdivise selon la taille des graines en trois sous espèces :

- *Vicia faba* minor beck à petites graines appelée couramment féverole.
- *Vicia faba* equina pers à graines moyennes.
- *Vicia faba* major hartz à grosses graines appelée couramment fève.

La fève (*Vicia faba*) est une plante herbacée annuelle et diploïde ($2n=12$ chromosomes). Elle présente un cycle phénologique à trois phases : une phase de germination, une phase de développement végétatif et une phase de reproduction.

1.2-Origine

Selon Mathon (1985), la fève *V.faba* L. est une plante cultivée par l'homme depuis le Néolithique (7000 ans avant J.C), elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient.

1.3- Classification

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

Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Dialypétales
Série :	Caliciflores
Ordre :	Rosales
Famille :	Fabacées (Légumineuses)
Sous-famille :	Papilionacées
Genre :	<i>Vicia</i>
Espèce :	<i>Vicia faba</i> L.

1.4-Exigences climatiques et édaphiques de la fève

La fève est une plante peu exigeante, elle préfère la chaleur (température optimale de croissance autour de 20°C), les sols profonds et frais, l'exposition ensoleillée, sensible à la sécheresse. La récolte a lieu environ 3 mois après le semis (Kolar, 1996).

1.5-description botanique

La fève est une plante herbacée annuelle présentant une tige simple, dressé, creuse et de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut (Peron ,2006). Ses feuilles (Figure1a) sont glabres et composées de deux ou trois paires de folioles opposées de forme ovale. Son système racinaire est développé et descend profondément dans le sol. Ses fleurs (Figure1a), de couleur blanche ou violacée, sont disposées par grappes de 2 à 9 fleurs à l'aisselle des feuilles. Le fruit (Figure1b) est une gousse verte en végétation, noirâtre à maturité et contenant quelques grains bruns noirâtres (Figure1c) (Chiej, 1982 ; Guessous *et al.*1989 ; Brun *et al.*1991, James et al ,1994).

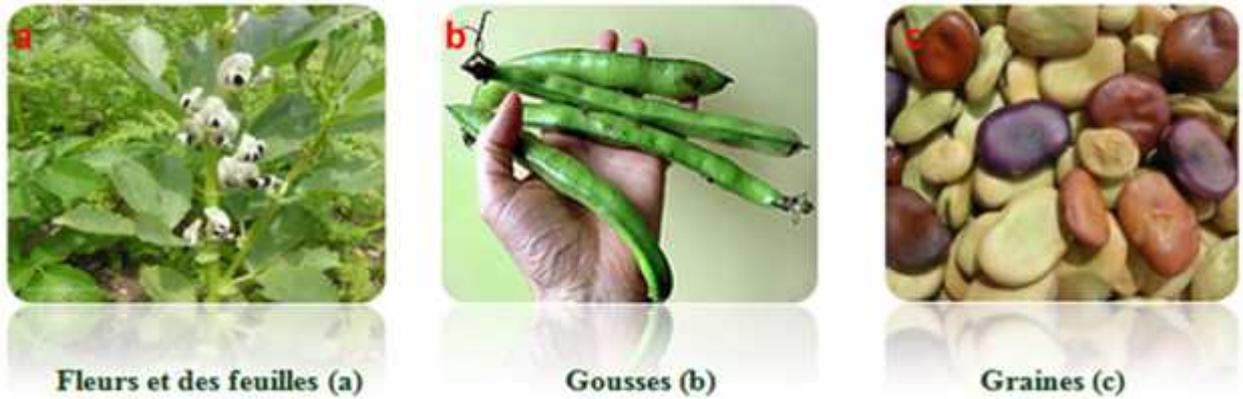


Figure 1 : Morphologie (a, b, c) de *Vicia faba* L.

<http://www.liseed.org/favadivsm.jpg> (Consulté le 15/05/2014).

1.6- Les différentes variétés de (*V.faba*) présentes en Algérie

Il existe quatre variétés de (*V. faba major*), et de (*V. faba minor*) en Algérie, qui sont :

1.6.1. La Séville :

C'est une variété précoce à gousses longue, renferment 5 à 6 grains volumineux. Sa tige est d'une hauteur de 70cm, se distinguant des autres variétés par la couleur de son feuillage, d'un vert assez franc (Chaux et Foury, 1994). Ses gousses présentent une largeur d'environ 3cm et une longueur de 25cm (Laumonier, 1979).

1.6.2. L'Aguadulce :

C'est une variété très productive, demie précoce, très répandue en culture introduite avec la Séville, d'Espagne. Elle est caractérisée par une plante, de végétation haute de 1,10 à 1.20m, possède des gousses de couleur vert franc, volumineuse et très longue, pouvant atteindre 20 à 25cm renfermant 7 à 9 grains. (Zaghouane, 1991, Chaux et Foury, 1994).

1.6.3 .La Muchaniel :

C'est une variété très précoce, elle a des gousses de couleur vert clair, de 20cm de longueur en moyenne, renfermant 5 à 6 grains blancs et très productive (Chaux et Foury, 1994).

1.6.4 .La Sidi moussa :

Elle est sélectionnée à El-Harrach en 1965, elle est convenable à tous les sols, résiste aux maladies cryptogamiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*), aux plantes parasites (*Orobanche sp*) et aux nématodes (Zaghouane ,1991).

1.6.5. La féverole :

Cette culture a été sélectionnée par l'homme au Proche Orient où en Afrique (Anonyme, 2007). Elle possède un système racinaire très repoussant et de surcroît, elle est l'une des plus performantes, en matière de fixation de l'azote (Thomas, 2008).

Selon Lebreton et *al.* (2009), la féverole n'est pas sensible à *Aphanomyces* du pois, de plus les limaces sont très peu friandes de féverole, voir les repousser et préfèrent les autres plantes, ce qui en fait une plante assez facile à s'installer et à réussir (Thomas, 2008).

En Algérie, la seule variété de *V. faba minor* cultivée est << Sidi Aich>> (Zaghouane, 1991).



Figure 2 : Variétés de la fève (*V. faba major* L.) et féverole (*V. faba minor*) présentes en Algérie. <http://www.liseed.org/favadivsm.jpg> (Consulté le 15/05/2014).

1.7- Répartition géographique

1.7.1. Dans le monde

À partir de son centre d'origine, la fève s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil, jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde. L'Afghanistan et l'Ethiopie deviennent par la suite, les centres secondaires de dispersion (Cubero, 1974).

De nos jours, la fève est cultivée dans de nombreux pays – sauf sur le continent américain. Le principal pays producteur est la Chine. En réalité, l'Egypte et les autres pays méditerranéens doivent importer des féveroles pour couvrir leurs besoins, ce qui constitue un débouché important pour l'Australie, le Royaume-Uni et la France (fig.3).



Figure 3 : Répartition géographique de la fève dans le monde

<http://www.prolea.com>(Consulté le 15/05/2014).

1.7.2. En Algérie

En Algérie, la culture de la fève *Vicia faba* L. est pratiquée surtout dans les plaines côtières (30%), à l'intérieure (52%), hôtes plateaux (11%) et dans les zones sahariennes (7%). Une superficie de 58 000 ha est réservée à cette culture et dont 52 % de celle-ci est répartie entre Tlemcen, Chlef, Skikda, Ain - Témouchent et Biskra (Maatougui, 1996) (fig.4).

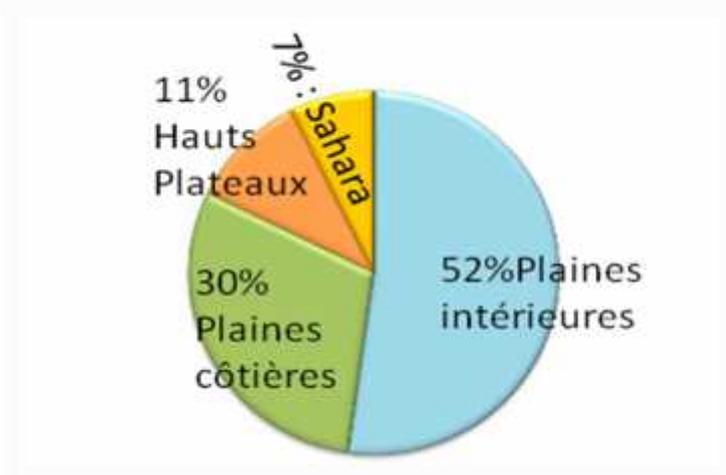


Figure 4 : Les zones Agro-écologiques de culture de la fève en Algérie
(D'après Maatougui, 1996).

1.8-Intérêts cultureux de la fève

1.8.1.Intérêt agronomique

La fève comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisant, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (Khaldi et al, 2005). En plus de son intérêt nutritionnel, elle est introduite en rotation avec les céréales, ou elle joue un rôle non négligeable dans l'enrichissement des sols en azote (Rachef et al, 2005). Selon Hamadache (2003), 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.

1.8.2-Intérêt alimentaire

La fève est l'une des légumineuses à grains la plus commune, utilisée pour la consommation humaine et animale. Elle constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007).

1.9-Importance économique de la fève

1.9.1- Dans le monde :

En 2005, les pays méditerranéens ont produit 1 093 000 tonnes de fèves, soit le ¼ de la production mondiale. La Chine, avec 1 800 000 tonnes est considérée comme le premier producteur mondial. L'Algérie, avec 27 000 tonnes occupe le 17^{ème} rang au niveau mondial et le 6^{ème} rang au niveau continental devancée par l'Éthiopie (516 000 tonnes), l'Égypte (350 000 tonnes), le Soudan (112 000 tonnes), le Maroc (73 000 tonnes) et la Tunisie (45 000 tonnes) (Giove et Abis, 2007).

1.9.2-En l'Algérie :

Selon Maatougui, (1996) la fève est la plante la plus cultivée de l'espèce *V.faba* durant les années 1981-1990 (58000 ha en moyenne). De 1981 à 1996 les surfaces cultivées sont comprises entre 23000 et 73000 ha, avec une production comprise entre 137000 et 410 000 quintaux. Dans ces conditions, les rendements variant de 2.67 à 9,77qx/ha, respectivement (Maatougui, 1996).

Des données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève en Algérie pour la décennie 1999-2009 sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Superficie et production de la fève et féverole en Algérie (1999-2009) (Anonyme, 2009).

Compagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
1999-2000	34250	128950	3,8
2000-2001	31450	21300	6,8
2001-2002	33610	229330	6,8
2002-2003	34050	307000	9,0
2003-2004	36777	320530	8,7
2004-2005	35082	268860	7,7
2005-2006	33537	242986	7,2
2006-2007	31284	279735	8,9
2007-2008	30688	235210	7,7
2008-2009	32278	364949	11,3
Moyenne	33300,6	258985	7,79

Il ressort de ces données que la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève en Algérie est de 33300,6ha, elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la variation de la production qui atteint une moyenne de 258985qx en dix années (1999-2009) et du rendement avec une moyenne de 7,79qx/ha.

Le rendement maximal de 11 ,3qx/ha a été noté durant la campagne agricole 2008-2009. Par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 1999-2000 qui est de 3,8qx/ha. Ces variations du rendement peuvent être expliquées, par la mauvaise conduite des cultures ainsi que les conditions climatiques.

En effet, selon Boughdad (1994), les superficies, les productions et les rendements de la fève varient d'une année à une autre, suivant les conditions climatiques.

1.10-Les contraintes de la culture des fèves en Algérie

En Algérie la culture de la fève est soumise à un certain nombre de contraintes, qui limitent sa production, son développement et son extension. Ces contraintes sont résumées comme suit :

1.10.1-Contraintes abiotiques :

a. Froid hivernal et les gelées printanières

Ce sont les principales contraintes dans la zone des hauts plateaux et les plaines intérieures, elles provoquent la coulure des fleurs et la mortalité des plantes (Maatougui, 1996).

b. Sécheresse terminale

La sécheresse, caractéristique structurelle du climat sur les hauts plateaux et les plaines littorales à sol léger, constitue le stress abiotique le plus important, pour l'instabilité et la production de la fève (El bouhamdi et Sadiki, 2002). Le faible rendement de la culture de cette espèce en Algérie est dû en grande partie à l'insuffisance des précipitations printanières et leur irrégularité (Zaghouane et al. ,2000). Cette contrainte constitue un facteur limitant de la production dans les hauts plateaux et les plateaux et les plaines côtières, car la culture de la fève exige beaucoup d'eau (Gerard, 1990).

c. Chaleur

C'est la plus néfaste surtout dans les zones Sahariennes, ainsi que dans les Haut Plateaux et les plaines intérieures, dans le cas de ces dernières, c'est le Sirocco qui affecte la production de gousses et limite aussi la grosseur des graines (Maatougui 1996).

d. Salinité

La salinité du sol est un facteur de stress osmotique très limitant pour les plantes (Lazrek et al, 2002). C'est problème spécifique aux zones Sahariennes, dans lesquelles la fève est irriguée à l'aide d'eaux assez chargées en sodium, la productivité est directement réduite par les effets du sel sur les plantes et aussi par les effets du sel sur les propriétés physiques et chimiques du sol (Maatougui, 1996).

1.10.2-Contraintes biotiques

La fève est sujette à un très grand nombre des parasites supérieurs et de maladies cryptogamiques et aux attaques des ravageurs.

a. Plantes parasites « l'Orobanche »

C'est une plante holoparasite sans chlorophylle, qui dépend entièrement de son hôte, pour réaliser son cycle biologique (Kharrat, 2002). Elle occasionne des pertes considérables, pouvant entraîner la destruction totale de la fève (Kharrat et al, 2002 ; Abbes et al, 2010). Cette herbe parasite, a des fleurs gamopétales et appartient à la famille des Orobanchacée (Clement, 1981). D'après Hamadache (2003), l'espèce la plus connue en Algérie est l'Orobache spéculaire (*Orobache crenata* Forsk). Selon Ait abdellah et Hamadache (1996), la fève émet des exsudats racinaires, favorisant la germination et la levée de la graine d'Orobanche à partir du mois d'avril. L'Orobanche émet aussi à son tour des suçoirs, au niveau de la fève et détourne la sève élaborée à son profit.

b. Maladies fongiques

Les maladies fongiques les plus importantes de la fève sont :

➤ **Botrytis de la fève (*Botrytis fabae*) :**

La maladie des taches chocolatées causée par *Botrytis fabae*, est l'une des maladies les plus dévastatrices affectant la fève (Abou-zeid, 2002 ; Stoddard et al, 2010). Rhaim et al (2002) ont rapporté qu'une attaque sévère par celle-ci peut engendrer des pertes de rendement, allant jusqu'à 100% lorsque les conditions favorables se prolongent.

➤ **Anthraxose de la fève (*Ascochyta fabae*) :**

Causé par *Aschophyta fabae*, elle se manifeste par des petites taches claires, qui évoluent en grosse taches sur les feuilles. Cette maladie entraîne de dégâts dès la levée de la végétation et provoque l'éclatement des tiges et des gousses (Plancquaert et Girard, 1987). Elle provoque aussi des pertes en quantité et en qualité sur la fève (Kharrat, 2002).

➤ **Rouille :**

Causée par *Uromyces fabae*, elle se manifeste par la présence, sur les deux faces de la feuille, de nombreuses petites pustules pulvérulentes de couleur brun-roux, auréolées de vert clair (Chaux et Foury, 1994). Elle constitue un facteur limitant pour la production des fèves dans plusieurs pays. En Algérie, les pertes de rendement en grains secs ont été estimées entre 15 et 20 % (Meskine et al, 2002).



Figure 5 : Les maladies fongiques de la fève
<http://www.itab.asso.fr>(Consulté le 15/05/2014).

c. Les ravageurs :**➤ Nématodes des tiges (*Ditylenchus dipsaci*) :**

Ditylenchus dipsaci est un nématode qui limite le développement de la culture de la fève. Il provoque le gonflement et la déformation de la tige, avec la décoloration des différentes parties de la plante. Les nématodes peuvent rester sous le manteau de la graine en développement, tuent celle-ci ou réduisent au moins sa vigueur et causent la souillure (Abbad Andaloussi, 2001).

➤ Sitone du pois (*Sitona lineatu*) :

Petit charançon de 3,5 à 5 mm de long de couleur brun-rougeâtre. La larve de forme arquée est blanche avec la tête brun-jaune et dépourvue de pattes ; elle atteint 5-6 mm.

Les adultes s'attaquent aux feuilles des plantules ; ils provoquent des encoches semi-circulaires sur le bord. Les larves consomment les nodosités fixatrices d'azote sur les racines (Plancquaert et Girard, 1987).

➤ Puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) :

C'est un puceron piqueur suceur, il vit en colonies compactes, à l'extrémité des plantes de fève. Il provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles. Il attaque en colonies les nouvelles pousses et les jeunes feuilles, et même les gousses. S'il n'est pas traité rapidement il cause de graves chutes de rendement, à cause de dessèchement qu'il provoque en suçant la sève (Bailly, 1990).

➤ Puceron vert du pois (*Acythosiphon pisum*) :

Gros puceron vert clair de 3 à 5 mm, avec des antennes aussi longues que le corps. Ce puceron peut entraîner une chute de rendement principalement par son action dépressive sur le poids des grains (Plancquaert et Girard, 1987).

➤ Bruche de la fève :

La femelle pond ses œufs sur les gousses et les larves de coléoptère se développent aux dépens des graines, qui perdent leur pouvoir germinatif et leur poids (Boughdad 1994).

1.10.3-Contraintes culturelles

Selon Zaghouane (1991), les contraintes sur la conduite culturale des fèves en Algérie se caractérisent par :

- L'insuffisance de contrôle des mauvaises herbes.
- L'absence de mécanisation.
- L'indisponibilité de semences certifiées (les semences cultivées sont souvent vectrices de plusieurs maladies).
- Les prix exorbitant et l'indisponibilité des intrants, tel que : les fertilisants, les herbicides et pesticides.

1.10.4- Contraintes socio-économiques

Ces contraintes constituent un handicap pour le développement intensif, car le niveau de technicité des agriculteurs est insuffisant. Ces derniers sont freinés par le manque de mains d'œuvres, ainsi que son coût très élevé (Zaghouane, 1991).

1.11-Composition chimique de fève

La valeur nutritive de fève a été traditionnellement attribuée à un contenu à haute valeur protéique, qui varie de 25 à 35% malgré le déséquilibre en acide aminé de soufre. La plupart de ces protéines sont : les globulines (60%), les albumines (20%), la glutiline (15%) et les prolalines. C'est aussi une bonne source de sucre, minéraux et vitamines.

L'analyse de sa composition chimique révèle 50 à 60% de son contenu en hydrate de carbone qui est totalement constitué par l'amidon. Les acides oléiques et linoléiques représentent à peu près 75% de la matière grasse (Larralde et Martinez, 1991).

2. Les polyphénols

2. 1-Généralité

Le terme polyphénol a été introduit en 1980, en remplacement au terme ancien de tanin végétal et a été défini comme suit: composés phénoliques hydrosolubles, de poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Dalton et ayant, outre les propriétés habituelles des phénols, la capacité de précipiter les alcaloïdes et la gélatine (Cowan, 1999).

Ce sont des métabolites secondaires des plantes (Garcia-Salas *et al.*, 2010) élaborés par la voie de shikimate et caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide (Charpentier et Boizot, 2006).

Ces phytonutriments sont responsables de la pigmentation (teinte des feuilles, couleur des fruits et des fleurs) (Serrano *et al.*, 2010) et jouent également un rôle dans la croissance, la reproduction et la protection des plantes contre les agressions pathogènes (Drewnoski *et al.*, 2000; Zem et Fernandez, 2005).

2. 2-Classification des composés phénoliques

Les catégories de polyphénols les plus courantes sont les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes et les flavonoïdes (Charles et Benbrook, 2005). Elles forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes (Beta *et al.*, 2005).

2.2.1- Les acides phénoliques

Sont contenus dans un certain nombre de plantes agricoles et médicinales (Psotová *et al.*, 2003). Parmi les acides phénoliques, figurent l'acide caféique, l'acide vanillique, l'acide benzoïque et l'acide gallique (Hale, 2003). Ils sont considérés comme substances phytochimiques avec des effets antioxydants et anti-inflammatoire. Leur toxicité est faible et sont considérés, généralement, non toxiques (Psotová *et al.*, 2003).

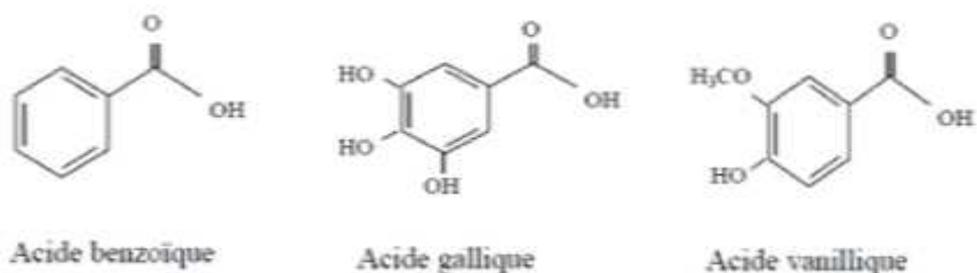


Figure 6 : Exemple de quelques acides phénols de la série benzoïque (Bruneton 2009, Pawlowska *et al.* 2006).

2.2.2-Les flavonoïdes

La majorité des flavonoïdes ont une structure chimique semblable: deux anneaux aromatiques liés par trois atomes de carbone qui forment un composé hétérocyclique oxygéné. Les flavonoïdes se divisent en six sous-catégories : les flavonols, les flavones, les isoflavones, les flavanols (catéchines et proanthocyanidines), les flavanones et les anthocyanidines (Charles et Benbrook, 2005).

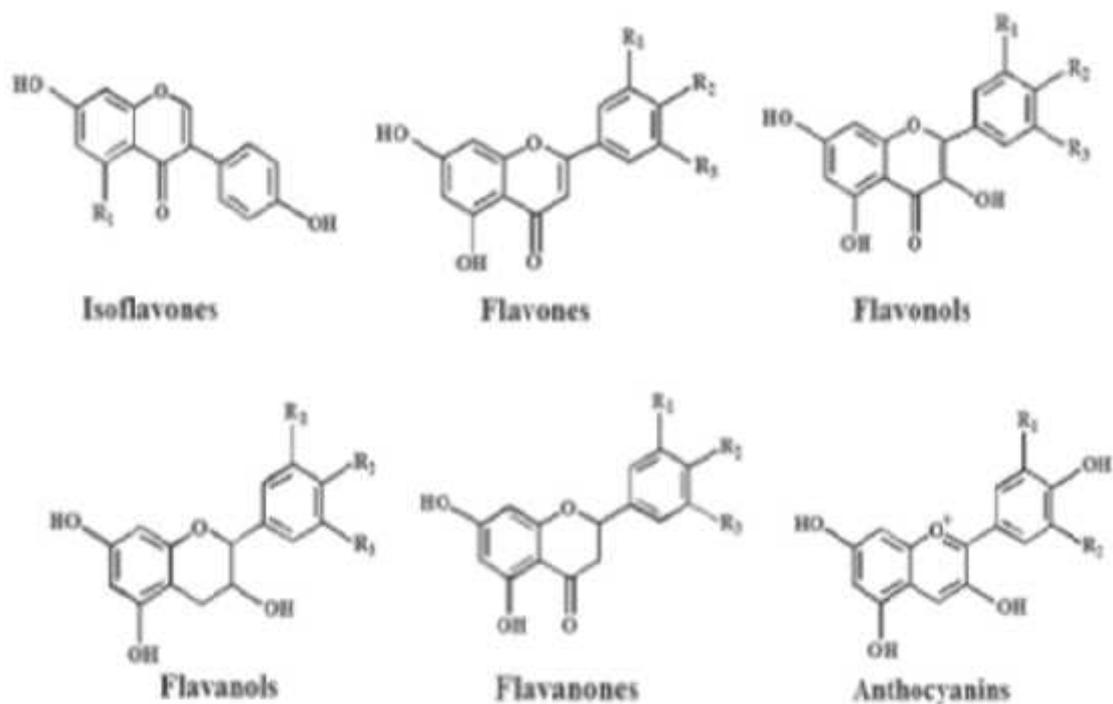


Figure 7 : Les différentes sous classes des flavonoïdes (Spencer *et al.*, 2008).

2.2.3- Les tanins

Les tanins sont des formes phénoliques condensées (Manchado et Cheynier, 2006), en raison de leur nombreux OH. Ils se dissolvent plus ou moins (en fonction de leur poids moléculaire) dans l'eau, en formant des solutions colloïdales. Les tanins se divisent selon leur réactivité chimique et leur composition en deux groupes principaux :

a. Les tanins hydrolysables :

Ce sont des oligo ou polyesters d'un sucre et d'un nombre variable de molécules d'acide-phénols, le sucre est très souvent le glucose (Guignard, 2000; Biaye, 2002).

b. Les tanins condensés (Tanins vrais ou non hydrolysables) :

Ce sont des composés phénoliques hétérogènes. Ils se trouvent sous forme d'oligomères ou polymères de certains flavanols, catéchines ou catéchols. Contrairement aux tanins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader (Manchado et Cheynier, 2006).

Ce sont des composés polyphénoliques qui permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus souples comme dans le cas des veines variqueuses, pour drainer les sécrétions excessives, comme dans la diarrhée et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure (Nowitz et Bottet, 2000).

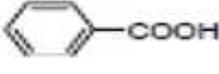
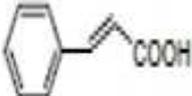
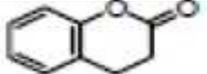
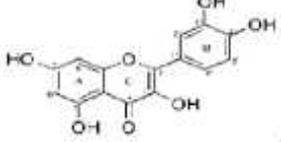
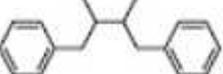
2. 2.4- Lignines

Les graines de lin sont une source alimentaire importante de lignines, bien que ces composés se retrouvent également en quantités moindres dans plusieurs autres céréales, dans les légumineuses et dans les légumes (Charles et Benbrook, 2005).

2. 2.5- Stilbènes

Ne se retrouvent qu'en petites quantités dans l'alimentation humaine. Dans cette catégorie, le resvératrol est le polyphénol le plus couramment étudié (Manach *et al.*, 2004).

Tableau 2 : Classification des familles des composés phénoliques (Garcia-Salas *et al.*, 2010).

Nombre de carbone	Classe	Structure chimique	Source
C6	Phénols simple		Céréales, abricot, Banane, chou-fleur
	benzoquinones		
C6-C1	Acide benzoïque		
C6-C2	Acétophénonés		
	Acide phénylacétique		
C6-C3	Acide cinnamique		Carotte, tomate, céréales, aubergine
	Coumarines		
C6-C4	Naphtoquinones		Abricot
C6-C1-C6	Xanthonés		Mangue
C6-C2-C6	Stilbènes		Raisin
	Anthraquinones		
C6-C3-C6	Flavonoïdes		largement distribué
(C6-C3) ₂	Lignanes		Seigle, blé
(C6-C1) _n	Tanins Hydrolysables	Polymère hétérogène composé d'acide phénoliques et sucre simples	Grenade, framboise
(C6-C3) _n	Lignines	Polymère aromatique Fortement réticulé	

2.3- Propriétés biologiques des polyphénols

Les polyphénols ont une multitude d'activités biologiques dépendant de leur structure chimique. Ils constituent une importante famille d'antioxydants dans les plantes, les fruits et les légumes puisqu'elles comprennent plus de 6000 molécules. Ils ont également un rôle dans le contrôle de la croissance et le développement des plantes en interagissant avec les diverses hormones végétales de croissance. Ils permettent aux végétaux de se défendre contre les rayons ultraviolets. Certains d'entre eux jouent le rôle de phytoalexines comme les isoflavonols, en permettant de lutter contre les infections causées par les champignons, ou par les bactéries (Makoi et Ndaki Demi, 2007). Les polyphénols sont également utilisés dans l'industrie agro-alimentaire comme additif, colorant, arôme ou agent de conservation (Bruneton, 1999). Le tableau N°3 illustre les rôles attribués aux différentes classes de polyphénols.

Tableau 3: Activité biologique de certains composés phénoliques (Bahorun, 1997).

Polyphénols	Activités
Acides Phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes, Antifongiques et Antioxydantes
Coumarines	Protectrices vasculaires et antioedémateuses
Flavonoïdes	Antitumorales Anticarcinogènes Anti-inflammatoires Hypotenseurs et diurétiques Antioxydantes
Anthocyanes	Protectrices capillaro-veineux
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène Antioxydantes Antitumorales Antifongiques Anti-inflammatoires
Tannins galliques et catéchiques	Antioxydantes

2.4- Les polyphénols de *Vicia faba* L.

2.4.1- La composition phénolique de la graine de la fève :

Les graines de la fève sont riches en molécules phénoliques, principalement en tannins et en flavonoïdes (Brun et Chevalier, 1987). Ces composés ont une relation avec certains caractères morphologiques de la fève telle que la couleur des fleurs. La teneur en tannins chez les variétés pigmentées est plus élevée que chez les variétés blanches, elle est estimée de 0.8 à 24g/kg de matière sèche de graine (Kaysi et Melcion, 1992).

2.4.2- Les flavonoïdes chez *Vicia faba* L :

Nozzolillo et *al.* (1989) ont étudiés l'ensemble de la voie de biosynthèse des flavonoïdes, aboutissant ainsi à une proposition de contrôle génétique de la synthèse des phénols chez *Vicia faba*, dans laquelle l'ensemble des génotypes peut être repéré par rapport à quatre principales classes de flavonoïdes :

- Les flavones dont le principal aglycone est l'apigénine, sont présentes dans les téguments violets, beiges, verts et rouges et à un degré moindre dans les téguments noirs.

- Les flavonols dont le principal aglycone est la myricétine, se trouvent surtout dans les téguments verts et rouges, accessoirement dans les téguments bruns.

- Les anthocyanines sont présentes dans les téguments violets avec prédominance de quatre aglycones : delphinidine, cyanidine, malvinidine et pétunidine.

2.4.3- Les tanins de *vicia faba* L.

Les tannins de *Vicia faba* L. sont en majorité localisés dans les téguments des graines. Des études ont montrées la présence de deux types principaux:

a- Des molécules de flavan-3-ols : (+)-catéchine, (-)-épicatéchine, (+)-gallocatéchine, (-)-épigallocatéchine

b-Des molécules de flavan-3,4-diols : Principalement la leucocyanidine et la leucodelphinidine. (Merghem 2004).

La nature des tannins de *V.faba L.* varie selon les variétés de l'espèce, sa maturité, sa localisation et ses conditions de croissance (Unup, 1986 et Dixon, 2005).

2.5- Rôle des composés phénoliques dans les plantes

Les composés phénoliques peuvent intervenir généralement dans :

- Certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance... etc.).
- Les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique, soit directement dans la nature soit lors de la conservation (après récolte).
- Les critères de qualité qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux et des produits qui dérivent par transformation.
- La protection des plantes par les flavonoïdes qui repoussent certains insectes par leur goût désagréable.
- La protection de l'homme vis-à-vis de certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leur propriété anti oxydante (Macheix et al, 2005).

3. Les pucerons

3.1-Généralité

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde. En effet, ils sont signalés dans les régions tropicales et subtropicales, dans les régions tempérées et dans les steppes (Taghit, 1987).

Contrairement à beaucoup d'autres insectes, les pucerons ont longtemps été considérés comme des ravageurs d'importance mineure vis-à-vis des plantes cultivées. Cette situation s'est profondément modifiée au cours des dernières années, à tel point qu'ils sont considérés aujourd'hui comme le groupe entomologique probablement le plus important au point de vue agronomique sur le plan mondial (Leclant, 1978).

3.2- Le puceron noir de la fève *Aphis fabae Scopoli*

3.2.1-Classification :

D'après Balachowesky et Mesnil (1934), Remaudiere et *al* (1997) :

Règne :.....Animale
 Embranchement :Arthropodes
 Sous embranchement :.....Mandibulates
 Classe :.....Insectes
 Sous classe :.....ptérygotes
 Section :.....néoptères
 Super ordre :.....hémiptéroïdes
 Ordre :.....Homoptères
 Sous ordre :.....aphidini
 Super /famille :.....Aphidoidea
 Famille :.....Aphididea
 Sous famille :.....Aphidinea
 Genre.....*Aphis*
 Espèce.....*Aphis fabae scopoli*

3.2.2- Description

A- Forme aptère : La forme aptère du puceron noir de la fève *A. fabae* mesure environ 2mm (Hulle *et al.*, 1999). Elle est de couleur verte olive foncé à noir mat et recouverte d'une forte sécrétion cireuse blanche (Leclant, 1999). Les cornicules sont coniques nettement plus longues que la cauda. Cette dernière est digitiforme et trapue (Leclant, 1999) (figure 1A).

B- Forme ailée : Cette forme est plus allongée que la forme aptère (Hulle *et al.*, 1999). Elle est de couleur sombre, avec des antennes courtes et qui représentent environ les deux tiers de la longueur du corps (Hulle *et al.*, 1999). D'après Leclant (1999), le troisième article antennaire porte un grand nombre de sensoria secondaires disposés irrégulièrement. Parfois il existe quelques sensoria sur le quatrième article antennaire.

L'abdomen de l'ailé est souvent orné de bandes pigmentées à contour irrégulier mais jamais fusionnées pour former une plaque (figure 1B).



Figure 8: La forme aptère (A) et ailée (B) d'*Aphisfabae* (Meradsi, 2009).

3.2.4 - Plantes hôtes

Ce puceron est très polyphage. Il peut vivre sur plus de 200 plantes hôtes. Les hôtes primaires sont principalement des arbustes : Fusain d'Europe (*Euonymus europaeus*), la boule de neige (*Viburnum opulus*) et seringat (*Philadelphus coronarius*). Ses plantes hôtes secondaires peuvent appartenir aux Fabacées, Chénopodiacées, Astéracées, Brassicacées, Solanacées, ainsi que diverses cultures florales et ornementales (Hulle *et al.* 1999).

3.2.5 - Dégâts

Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde, avec des conséquences économiques négatives sur l'agriculture, les forêts et l'horticulture (Fournier, 2010). Ils peuvent causer de graves pertes aux plantes cultivées (Qubbaj *et al.*, 2004). D'après Christelle (2007) et Eaton (2009), les pertes que causent les pucerons sont de deux types:

A- Dégâts directs

D'après Harmel *et al.*, (2008), c'est le prélèvement et l'absorption de la sève des plantes. Les piqûres alimentaires sont également irritatives et toxiques pour la plante, induisant l'apparition de galles qui se traduisent par la déformation des feuilles ou des fruits et donc une perte de rendement (Christelle, 2007).

B- Dégâts indirects

Les dégâts indirects des pucerons sont essentiellement de deux ordres qui sont:

a. Transmission de virus :

Les pucerons sont également vecteurs de virus de plantes. L'injection de salive est également à l'origine de la transmission de maladies virales ou parasitaires. Les pucerons constituent ainsi le plus important groupe d'insectes vecteurs de virus phytopathogènes, en transmettant au moins 275 virus (Nault 1997).

b. Miellat et fumagine :

Les produits non assimilés de la digestion de la sève, riches en sucre, sont éjectés sur la plante sous forme de miellat. Cette substance peut contrarier l'activité photosynthétique de la plante soit directement en bouchant les stomates, soit indirectement en favorisant le développement de champignons saprophytes. Ceux-ci provoquent des fumagines qui entravent la respiration et l'assimilation chlorophyllienne ou souillent les parties consommables (fruits par exemple) et les rendent ainsi impropres à la commercialisation (Christelle, 2007; Giordanengo et *al*, 2010).

3.2.6- Lutte contre les pucerons :

L'homme se doit de maximiser sa production alimentaire. Pour ce faire, il doit éliminer ou réduire suffisamment l'abondance des espèces qui entrent en compétition avec lui, d'où est né le concept de la lutte intégrée.

La définition de la lutte intégrée donnée par L'oilb en 1978 est la suivante: « C'est, un procédé de lutte contre les organismes nuisibles, qui utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance » (Le nail, 1980 *in* Doumandji-Mitiche et Doumandji, 1993).

Parmi ces procédés de lutte, il y a les moyens cultureux, les moyens chimiques et les moyens biologiques.

A-Lutte culturale :

Selon Nicolas (1992), la lutte contre les aphides, l'élimination de la végétation spontanée s'avère très importante, car les pucerons colonisent la végétation spontanée des zones non labourées ou non binées. Ces plantes sauvages sont bien souvent la source des pucerons ailés qui vont s'installer dans les cultures réceptives.

B- La lutte chimique :

Le choix de la matière active est un autre élément à retenir. Certes les produits spécifiques sont d'un coût plus élevé, mais ils ont l'avantage de ménager les auxiliaires. De même, il faut que les doses soient bien étudiées, de manière à éviter de tuer les ennemis naturels.

Les produits les plus couramment utilisés sont le Karaté à une dose de 10L/ha, le Lannate à 9L/ha et le Cytrol Alpha à 7L/ha.

L'époque la plus favorable pour les applications insecticides contre les pucerons se situe au printemps (moment où les fondatrices vont donner plusieurs générations de femelles parthénogénétiques appelées fondatrigènes). Il est nécessaire d'intervenir dès l'apparition des premières colonies. Le nombre d'applications varie selon les années, les régions et surtout selon l'importance des attaques (Bayoun et *al*, 1995).

C- La lutte biologique :

Outre les conditions climatiques défavorables, les principaux facteurs contribuant à la limitation naturelle des populations de pucerons sont représentés par les ennemis naturels.

Le puceron possède plusieurs prédateurs naturels très performants comme les coccinelles: une coccinelle adulte mange de 50 à 60 pucerons par jour; les chrysopes: une larve de chrysope mange 500 pucerons sur 15 à 20 jours et les syrphes: une larve de syrphe en consomme 400 à 700 individus sur 10 jours (Nicolas, 1992).



Figure 10 : les prédateurs des pucerons (Bakroune, 2012).

Notre expérimentation s'est étalée sur la période allant du mois de février au mois de juillet, 2014. Elle est réalisée au niveau de la serre, au champ et le laboratoire de recherche des plantes médicinales et aromatiques, Département des biotechnologies, Université Saad Dahlab, Blida.

I. Matériel

I.1-Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de notre étude est composé de deux variétés de fève : la fève (*Vicia faba major*) et la féverole (*Vicia faba minor*). Les grains ont été achetés dans un marché urbain.



Figure 11 : Féverole (*V.faba minor*) (a) et Fève (*V.faba major*) (b).

I.2. Matériel animal

Dans notre étude l'ensemble des cultivars de fève et féverole sont infestés par le puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli. Les premiers individus de puceron utilisé pour l'infestation de nos fèves placées au champ, ont été prélevés à partir des plantes spontanées trouvés dans la parcelle expérimentale du Département des biotechnologies Blida.

I. 3. Matériel non biologique

Les appareils, la verrerie et les réactifs utilisés pendant notre expérimentation sont représentés dans l'annexe 1.

II. Méthodes

II.1. Germination

Le semis de 100 grains de fève et 100 grains de féverole est effectué dans des petits pots en plastique remplis de tourbe. Un arrosage est effectué chaque 24 heures, avec le comptage du nombre de graines germées chaque jour jusqu'au 9^{ème} jour où nous avons obtenu les résultats suivants:

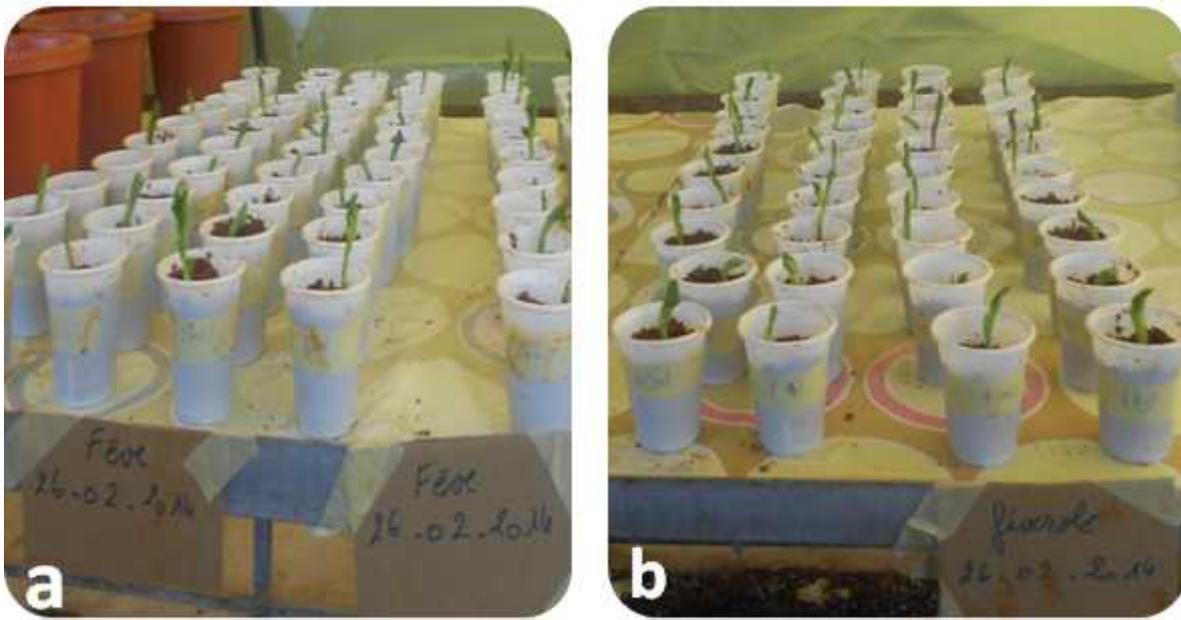


Figure12 : La germination des fèves *Vicia faba major* (a) et féveroles *Vicia faba minor* (b).

II.2. Suivi de la croissance

Après 9 jours de germination, les plantules sont à 10 cm de longueur après 17 jours, elles sont transplantées aussi tôt dans des pots en plastique plus grands. Le fond de chaque pot a été garni d'une couche de gravier pour assurer un bon drainage, ensuite remplis de 2/3 du sol et 1/3 du terreau, l'arrosage est effectué 3 fois par semaine.

Après transplantation, 50 plantules de la fève et 50 plantules de féverole ont été transférée dans une parcelle située à l'université de Blida pour effectuer l'infestation manuelle des plantes (Figure13). Les 50 autres plantules de chaque variété sont gardées comme témoins sains sous serre.



Figure13 : Fève et féverole en plein champ

II.3. Infestation des plants :

Après une semaine d'acclimatation, les 50 cultivars de la fève et de féverole situées au champ ont subi une infestation manuelle par le puceron noir de la fève (*A.fabae.*) par contacte avec des rameaux de plantes spontanées infestés.

Au stade plein floraison l'infestation c'est généralisée sur toutes les plantes. Le comptage de la population du puceron noir de la fève (jeunes et adultes) est effectué chaque 4 jour sur chaque plant hôte (Fig.14), (tableau 10, annexe 4).



Figure14 : La fève infestée avec le puceron noir *Aphis fabae.*

II.4. Prélèvements

Des prélèvements périodiques des feuilles des deux variétés de *vicia faba* L. infestées et saines (témoin) tous les 4 jours sont effectués à partir de 13-04-2014 jusqu'au 16-05-2014.

II.5. Séchage du matériel végétal

Les feuilles des deux variétés de *vicia faba* L. sont mises à l'étuve pour séchage pendant 24 heures à 45 °C.

II. 6. Broyage

Après le séchage, les feuilles sont finement broyées à l'aide d'un moulin électrique et la poudre est stockée dans des sacs en papier bien fermé avant leur utilisation (Figure15).

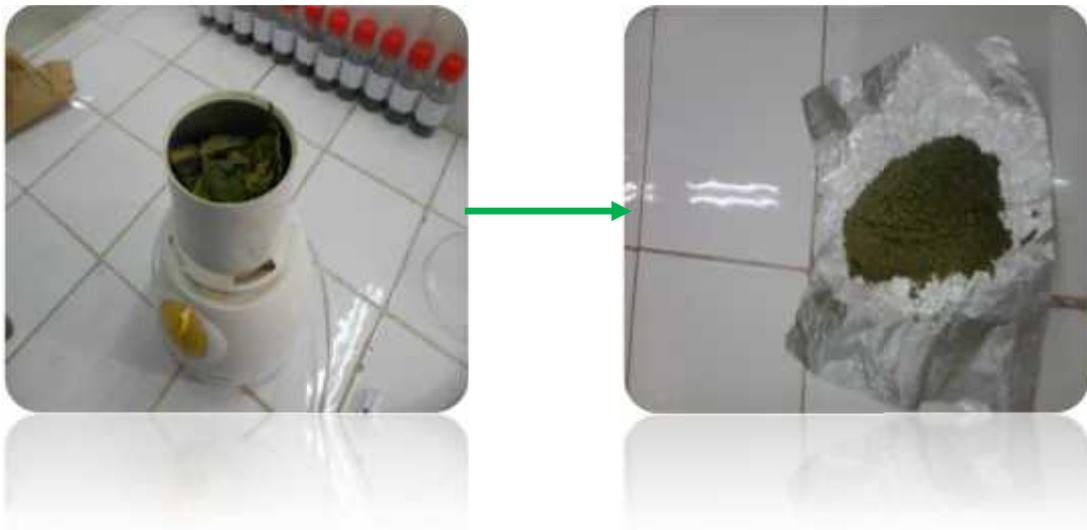


Figure15 : Broyage

II.7. Extraction des polyphénols totaux

L'extraction des polyphénols totaux est effectuée avec le méthanol à 99,6%, suivi d'une évaporation à l'abri de la lumière.

II.7.1. Etapes d'extraction par le méthanol 99,6%

a. La macération :

2g de poudres végétales sont macéré pendant 15 jours dans 20 ml de MeOH absolu (99.6%) accompagné d'une agitation de temps en temps avec un agitateur-incubateur (Figure 4, annexe N°2). Ces extraits sont filtrés deux fois : sur mousseline ensuite par un papier filtre.



Figure 16 : Macération (a) et agitation des extraits dans l'incubateur (b).

b. La dépigmentation :

Après filtration, les extraits alcooliques subissent une évaporation sous vide dans un Rotavapeur à une température de 40°. (Figure 1 ; annexe 2). La phase aqueuse de chaque extrait est lavée une ou plusieurs fois jusqu'à l'épuisement total avec un demi-volume de l'hexane dans une ampoule à décanter afin d'éliminer toutes traces de composés apolaires (pigments, lipides, etc...).

c. La purification :

La phase aqueuse ainsi obtenue est ensuite lavée une ou plusieurs fois avec un volume d'acétate d'éthyle. L'addition d'un mélange de deux solutions aqueuses (4 ml) : sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 20 % (m/v) et l'acide orthophosphorique H_3PO_4 2% (m/v) facilite le

passage des composés phénoliques de la phase aqueuse vers le solvant « l'acétate d'éthyle». (Benarous, 2006).

Le rendement en polyphénols totaux est calculé par l'équation suivante :

$$R\% = (m / P_S) \times 100\%$$

. **R%** : Le rendement %

. **m** : la masse d'extrait végétal (g)

. **P_S** : prise d'essai (poudre) (g)

II.7.2. Dosage des polyphénols

La quantification des polyphénols totaux est basée sur la réaction de Folin-Ciocalteu. Cette méthode est choisie pour les raisons suivantes :

- c'est une méthode bien standardisée, elle répond aux critères de faisabilité et de reproductibilité;
- la disponibilité du réactif de Folin;
- la grande longueur d'onde (760nm) d'absorption du chromophore permet de minimiser les interférences avec la matrice d'échantillon qui est souvent coloré (Huang *et al.*, 2005).

II.7.2.1 Principe

L'ensemble des composés phénoliques est oxydé par le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀) qui est réduit lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes bleus de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃) (Ribéreau-Gayon, 1968).

L'absorption est proportionnelle à la quantité des polyphénols présents dans les extraits végétaux (Charpentier et Boizot, 2006).

a. Réactifs et extraits utilisés :

Un polyphénol témoins : l'acide Gallique pour la réalisation de la gamme d'étalonnage en milieu aqueux.

Réactif de Folin-Ciocalteu « 500 μ l (10 fois diluée) »: à 100 μ l du réactif FolinCiocalteu on a ajouté 900 μ l d'eau distillée.

Carbonate de sodium « 2 ml Na_2CO_3 à 20% (m/v) » : 2g de carbonate de sodium ont été dissous dans 10 ml d'eau distillée.

b. Mode opératoire :**•Préparation de la gamme d'étalonnage de l'acide gallique :**

A partir d'une solution mère aqueuse préparée de l'acide gallique de concentration massique 0.5 g/l, des solutions filles sont ainsi préparées de concentration allant de 0.06 g/l jusqu'à 0.28 g/l.

A l'aide d'une micropipette, 100 μ l de chaque solution est introduite dans des tubes à essais, suivi de l'addition de 500 μ l du réactif de Folin-Ciocalteu (10 fois dilue dans l'eau), après 2 minutes, 2 ml de carbonate de sodium Na_2CO_3 à 20% (m/v) ont été ajoutés (favoriser un milieu alcalin pour déclencher la réaction d'oxydo-réduction), par la suite ces solutions sont maintenues à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante.

La lecture de l'absorbance de chaque solution est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre de Shimadzu 1601 (figure 2 : voir annexe 2) à une longueur d'onde de 760 nm, contre un blanc sans la solution d'acide gallique ce qui nous permet de tracer la courbe d'étalonnage (figure 1 : voir annexe 3) (Singleton *et al.*1999).

II.8. Analyse spectroscopique des poudres végétales par FTIR

Les poudres végétales des deux échantillons (fève infesté et sain) ont été analysées par la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ou spectroscopie FTIR, afin d'identifier les groupements chimiques composant les différents extraits polyphénoliques des deux variétés de la fève.

• Principe

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier permet d'obtenir des informations sur la nature des liaisons chimiques et peut être employée pour l'identification de groupements chimiques. En effet, cette technique, sensible aux vibrations des liaisons présentant un moment dipolaire, produit des spectres comportant des bandes d'absorption, dont la position est caractéristique des liaisons mises en jeu, car dépend de la masse des atomes et de la force de la liaison (Chlique, 2011).

• Mode opératoire

Préparer des pastilles avec 100 mg de KBr, séché à l'étuve à 105, et de 10mg de la poudre végétale à analyser. L'analyse des pastilles préparées se fait par une lecture des spectres d'absorptions à l'aide d'un spectromètre de TEBSOR 27 BRUKER (Figure 3, annexe N°2). Les spectres sont enregistrés entre 4000cm^{-1} et 400cm^{-1} .

II.9. Les Sucres totaux

Pour l'analyse des sucres totaux, nous avons suivi la méthode de Dubois et *al*, (1956).

1.Principe

Les oses sont stables en milieu acide. Cependant s'ils sont chauffés en milieu acide concentré, ils donnent des furfuraldéhydes par cyclisation et déshydratation. Les furfurals et ses dérivés ont la propriété de se condenser avec le phénol pour former des complexes marron.

2. Mode opératoire

Mettre 100 mg de matière végétale fraîche (1/3 médian de la feuille) dans un tube à essai. Dans chaque tube, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour extraire les sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48 heures.

Au moment du dosage, les tubes sont placés à l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. En suite dans chaque tube, on ajoute 10 ml d'eau distillée à l'extrait (solution à analyser). Après avoir prélevé 1 ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5%. On ajoute rapidement 5 ml d'acide sulfurique concentré 96% (densité 1,86) pour obtenir une couleur jaune orange. Homogénéiser la couleur de la solution au vortex. On laisse les tubes pendant 10 min, puis nous les plaçons au bain- marie pendant 10 à 20 min à température de 30°C. La lecture de la densité optique à 485 nm peut s'effectuer tant que la couleur de la solution reste stable pendant plusieurs heures.

3. Expression des résultats

Des courbes d'étalonnage corrélant la variation de la DO en fonction de la concentration de glucose, fructose, galactose, saccharose ont été tracées. A partir de ces courbes on détermine la concentration de notre échantillon en sucres (figure 2, 3, 4, 5 : voir annexe N°3).

Les valeurs obtenues sont reportés sur la gamme étalon, à l'aide du tableur Excel 2007 avec les équations suivant :

Sucres	Equation
Glucose	$Y = 0,209x - 0,034$
Galactose	$Y = 1,289$
Saccharose	$Y = 0,131x$
Fructose	$Y = 4,693x$

III. Exploitation des résultats :

La détermination de la relation plante-hôte insecte nécessite une analyse de la variance (Test GLM : General Linear Model) à l'aide de logiciel SYSTAT version 7.0 Copyright © 1997, SPSS INC. une analyse de corrélation à l'aide du logiciel Past (Paléontological Statistic, ver. 1,81).

La première analyse est l'analyse de la variance permettant de connaître la signification des différences à un seuil de ($p < 0,05$) de la variation temporelle du rendement et de la teneur en polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.

La deuxième analyse est utilisée lorsque deux variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation R . Elle consiste à mettre en évidence des corrélations entre les rendements des polyphénols totaux et les taux d'infestations au seuil de signification $p < 0,05$.

I. Résultats et discussion :

I.1- la Variation temporelle du rendement des polyphénols totaux selon l'état sanitaire de la plante.

Après avoir calculé le rendement, les résultats sont présentés dans le tableau 3 (annexe 4) ; (fig.17).

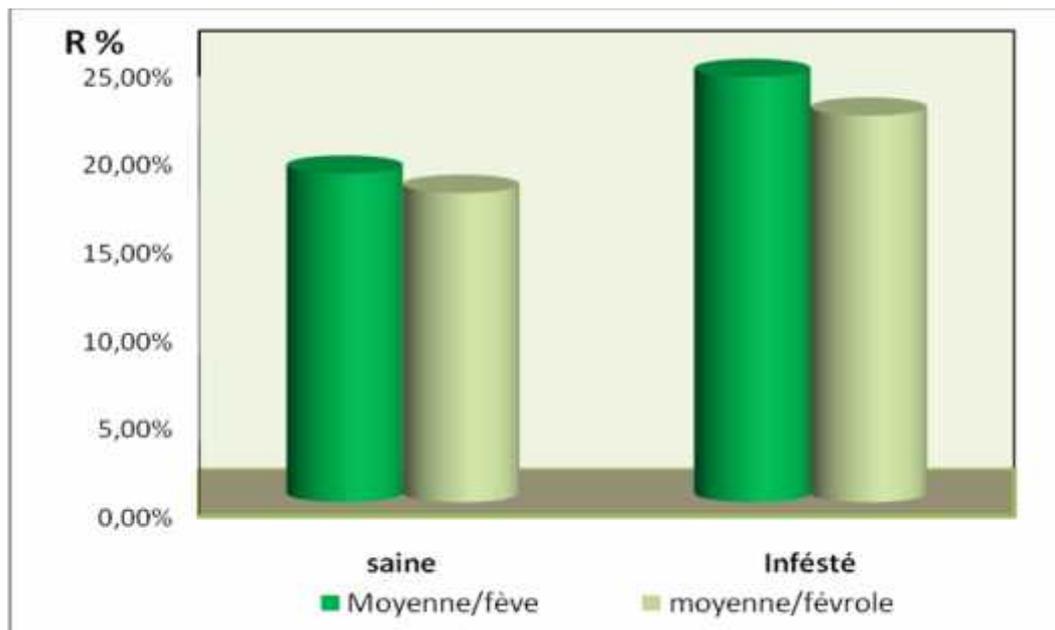


Figure 17 : Variation globale du rendement des polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.

Nous constatons que le rendement des feuilles infestées de la fève (24,20%) et la féverole (22%) est plus élevé que celui des feuilles saines (18,7% et 17,6%) (Fig. 17). Ces résultats montrent l'impact des infestations de puceron noir sur la synthèse des polyphénols par les feuilles de la fève.

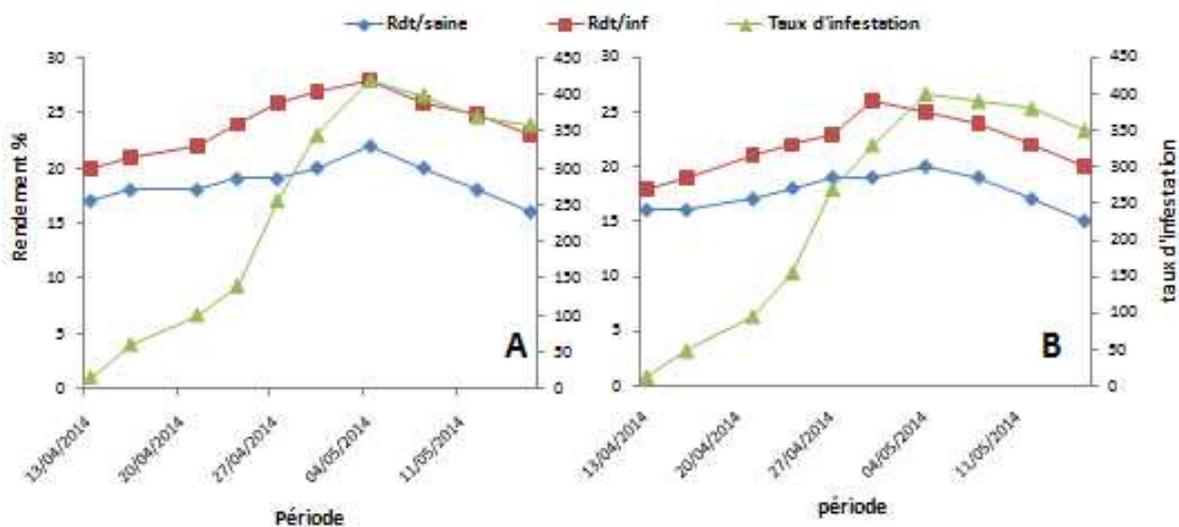


Figure 18 : Variation du rendement des polyphénols de la fève (A) et la féverole (B) (Saine et infestée par le puceron noir).

Une variation des taux de rendement de polyphénols selon la période est observée du (13-04-2014) jusqu'au (16-05-2014). Ces rendements restent toujours élevés chez la fève et la féverole saine durant toute la période d'étude, ce qui montre encore une fois, que les infestations temporelles des pucerons ont un impacte semblable sur la synthèse des polyphénols chez les deux variétés (Fig. 18).

Cette quantité synthétisée augmente progressivement avec le taux d'infestation, elle atteint un sommet durant la période s'étalant entre le (30/05/2014) et le (04/05/2014). A partir de cette date les populations de pucerons commencent à diminuer ce qui provoque la diminution de la synthèse des polyphénols (fig.18).

L'analyse de la variance par le test (GLM) révèle une différence très hautement significative entre les rendements temporels selon l'état de la santé de la plante (infestée et saine) ($P=0,000$; $r= 60,277$), et une différence très significative selon la variété (fève et féverole) ($P=0,006$; $r= 8,661$) (tab. 4 (annexe 4)) ; (fig. 19).

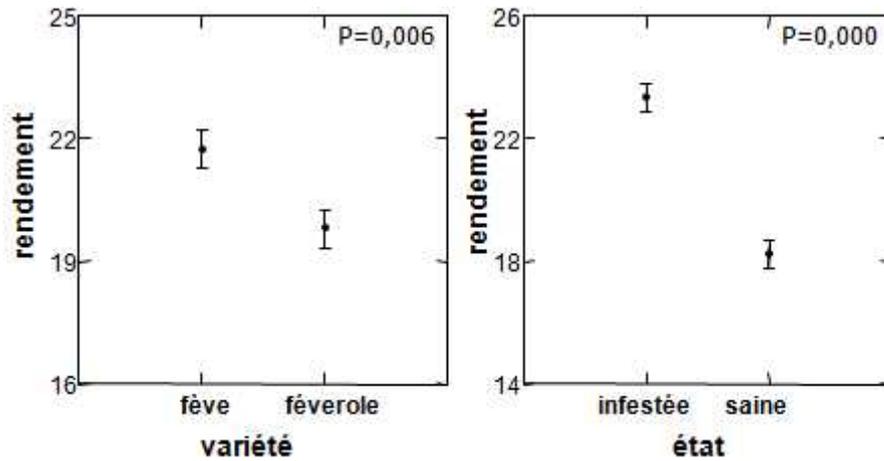


Figure19 : Analyse statistique par le test GLM de la variation temporelle du rendement des polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les rendements de la fève et de la féverole infestées et saines ($P=0,000$). (Tableau, 5) (annexe 4) ; (fig. 20).

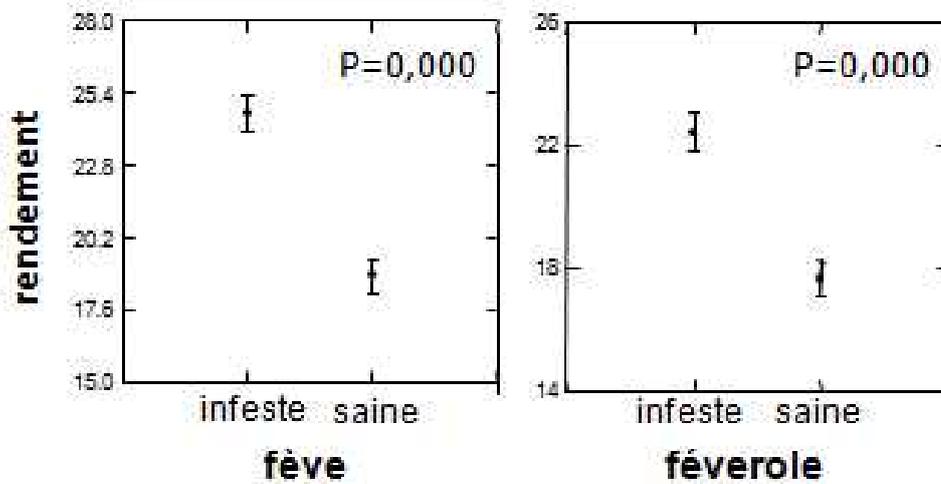


Figure 20 : Analyse statistique par le test GLM de la variation du rendement des polyphénols selon l'état sanitaire de la fève et de la féverole.

I.2-La variation temporelle de la teneur en polyphénols totaux des feuilles de fève

Après avoir déterminé la concentration des polyphénols, les résultats sont présentés dans le (tab. 6, annexe 4) et les figures suivantes :

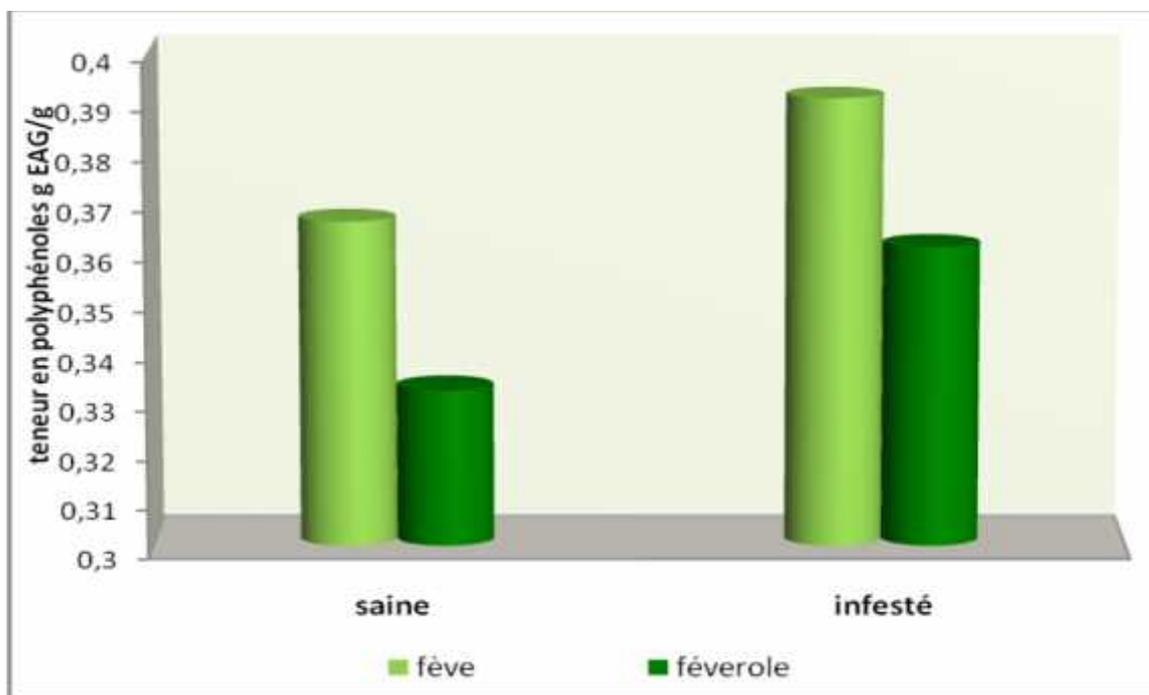


Figure 21 : Variation globale de la teneur en polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.

D'après la figure 21, la teneur en polyphénols, obtenue par les feuilles infestées de la fève est la féverole [(0,3910 ; 0,3609) g EAG / g] est supérieure à celle des feuilles saines [(0,3661 ; 0,3318) g EAG / g] respectivement. Lenoir (2011) rapporte que les feuilles infestées synthétisent des polyphénols et d'autres métabolites pour se défendre contre les insectes nuisibles.

Une augmentation progressive des teneurs en polyphénols selon la période est observée du (13-04-2014) jusqu'au (16-05-2014) chez les deux variétés de *Vicia*. Ces teneurs arrivent à leur maximum durant la période allant du 30 avril au 04 mai, période où nous avons observé l'apparition des fleurs, ensuite commencent à descendre en période de maturation jusqu'au 16 mai, dernier jour d'échantillonnage. Cette variation suit d'une manière semblable celle des taux d'infestations de puceron. (fig. 21).

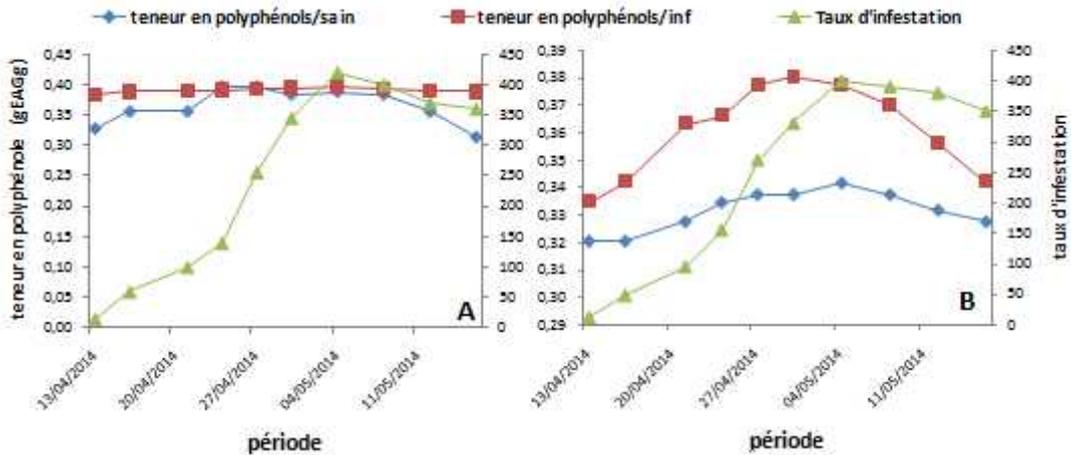


Figure 22 : Variation temporelle de la teneur en polyphénols de la fève (A) et la féverole (B) selon le taux d'infestation

L'analyse de la variance par le test GLM de la variation temporelle de la teneur en polyphénols des feuilles, montre une différence hautement significative ($P=0,000$) selon la variété et le taux d'infestation de la plante Tab. (Tab. 7: voir annexe 4) ; (fig. 23).

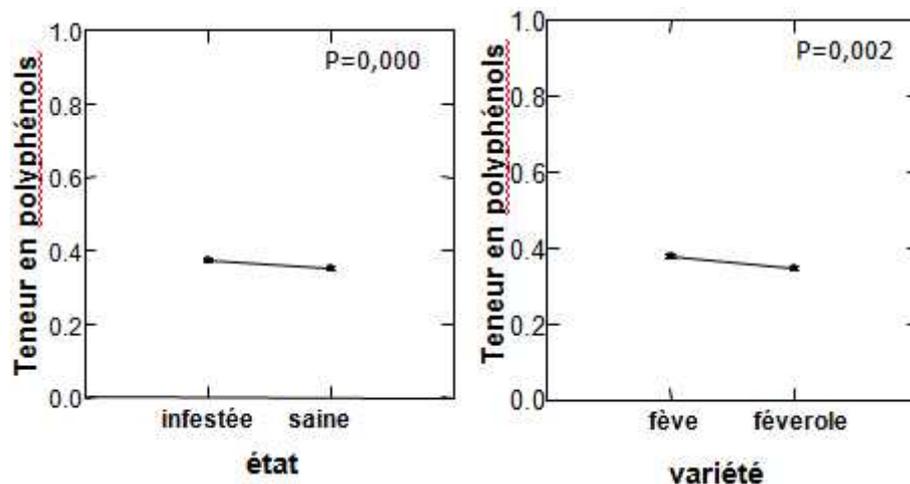


Figure 23: Analyse statistique par le test GLM de la variation de la teneur des polyphénols selon la variété et l'état sanitaire de la plante.

L'analyse de la variance par le test GLM pour chaque variété, relève une différence significative ($p=0,015$) chez la féverole et hautement significative chez la fève ($p=0,000$). (Fig. 24). (tab. 8, voire annexe 4).

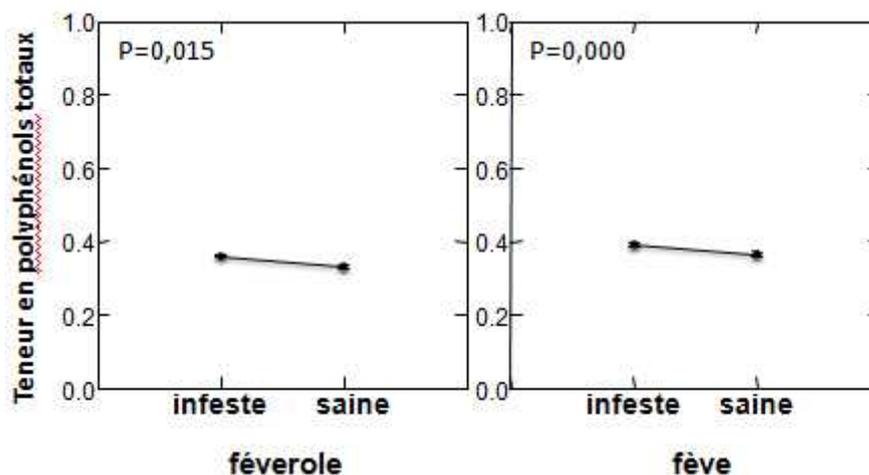


Figure 24 : Analyse statistique par le test GLM de la variation de la teneur en polyphénols selon l'état sanitaire temporelle de la fève et de la féverole.

La variabilité des teneurs en polyphénols chez ces espèces végétales est due, probablement, aux facteurs génotypiques (El-Waziry, 2007), aux conditions biotiques (espèce, organe et l'étape physiologique), abiotiques (facteurs édaphiques) (Ksouri *et al.*, 2008), la nature du sol, le type du microclimat (Atmani *et al.*, 2009), aussi la teneur en sucres des feuilles de la fève et les étages bioclimatiques où poussent ces plants.

Les teneurs en composés phénoliques des organes végétaux sont également variables en fonction du stade physiologique. A l'exception des anthocyanes, la concentration en composés phénoliques décroît au cours de la croissance et de la maturation. Chaque groupe de composés phénoliques peut évoluer au cours de la croissance selon une cinétique qui lui est propre, ce qui conduit alors à des proportions variables des différents composés en fonction du stade physiologique atteint (Macheix *et al.* 2005).

I.3- Etude des corrélations

I.3.1- Etude des corrélations entre le rendement et le taux d'infestation :

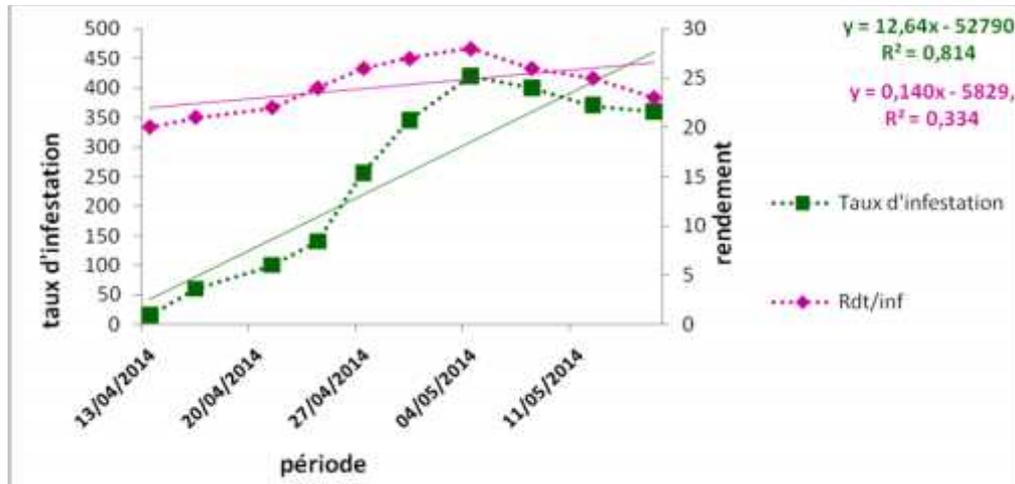


Figure 25a : L'analyse par le modèle de Motomura des corrélations entre le rendement de la fève et le taux d'infestation.

L'analyse par le modèle de Motomura révèle une corrélation positive entre les rendements des polyphénols ($r=0,334$) et le taux d'infestation ($r=0,814$) de la fève.

Ce résultat a été confirmé par l'analyse statistique de test de corrélation linéaire (Past), qu'il y'a une corrélation très significative ($p=0,002$) entre la variation des taux d'infestation et du rendement. (Fig. 25a).

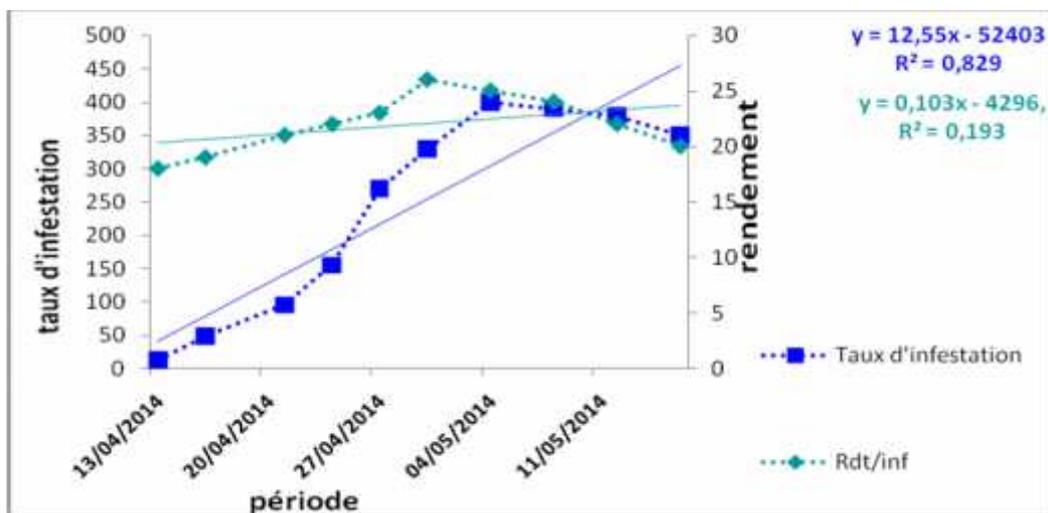


Figure 25b : L'analyse par le modèle de Motomura des corrélations entre le rendement de la féverole et le taux d'infestation.

L'analyse par le modèle de Motomura révèle une corrélation positive entre les rendements des polyphénols ($r = 0,193$) et le taux d'infestation ($r = 0,829$) de la féverole.

Ce résultat est confirmé par l'analyse statistique de test de corrélation linéaire (Past), et la corrélation est significative ($p = 0,015$) entre l'infestation et le rendement. (Fig. 25b).

I.3.2-Corrélation entre la teneur en polyphénols et le taux d'infestation :

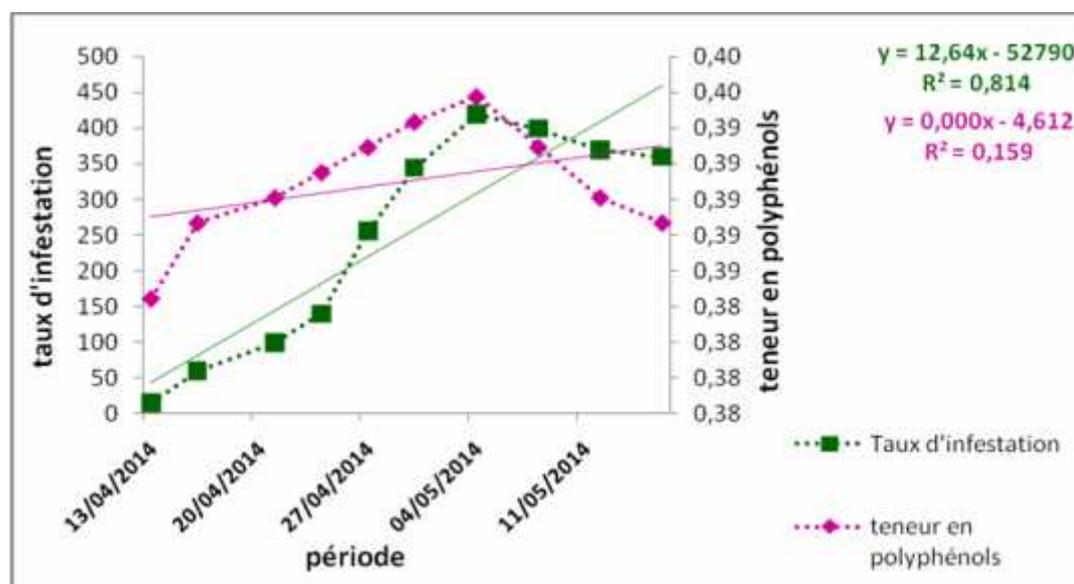


Figure 26a : corrélation entre la teneur en polyphénols de la fève et le taux d'infestation.

L'analyse par le modèle de Motomura révèle une corrélation positive entre la teneur en polyphénols ($r = 0,159$) et le taux d'infestation ($r = 0,814$) de la fève.

L'analyse statistique des corrélations a confirmé par le test de corrélation linéaire (Past), qu'il y a une corrélation significative ($p = 0,027$) entre l'infestation et la teneur en polyphénols. (Fig. 26a).

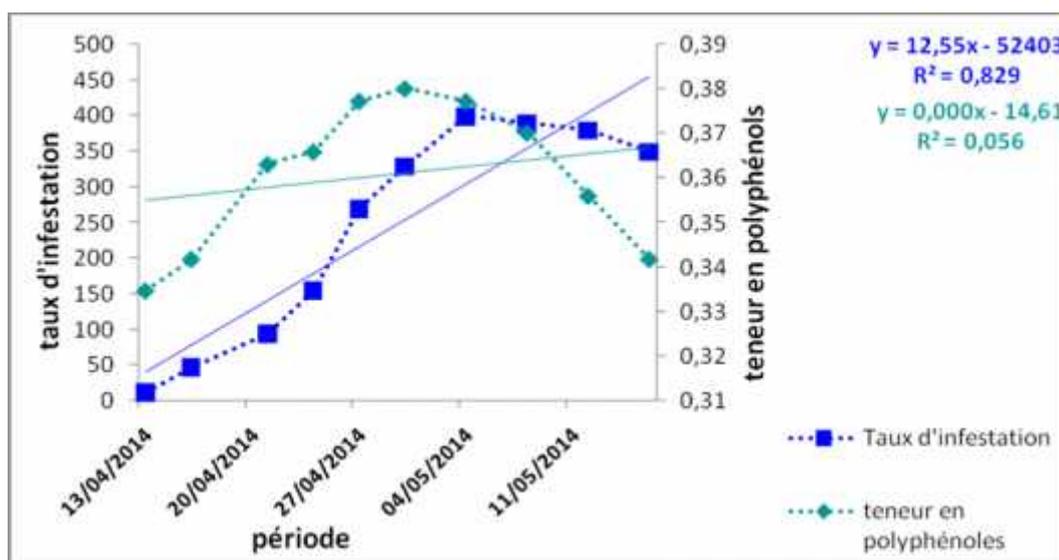


Figure 26b : corrélation entre la teneur en polyphénols de la féverole et le taux d'infestation.

L'analyse par le modèle de Motomura révèle une corrélation positive entre la teneur en polyphénols ($r = 0,056$) et le taux d'infestation ($r = 0,829$) de la féverole.

L'analyse statistique des corrélations a confirmé par le test de corrélation linéaire (Past), qu'il y'a une corrélation marginalement ($p = 0,0546$) entre l'infestation et la teneur en polyphénols. (Fig. 26b).

Certains travaux ont montré que la capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques (Harborne, 1989). Par contre, d'autres travaux ont montré l'existence d'une corrélation négative entre le taux de contamination et la teneur en polyphénols totaux dans les grains d'haricots secs. Cette corrélation a été rapportée par plusieurs chercheurs dans le domaine des substances bioactives des végétaux (DJABALI.2012), qui rapportent qu'elle varie aussi selon l'organe.

I.4- Résultat d'analyse chromatographiques des poudres végétales par la méthode FTIR

L'analyse par FTIR (Spectromètre Infrarouge Et Transformée De Fourier) a été utilisée pour comparer et identifier les groupements chimiques présents dans les deux poudres de la fève (sain et infesté). Les résultats obtenus sont présentés dans les figures, 31,32 et 33 et le tableau 4.

Tableau 4 : les groupes fonctionnels des poudres des feuilles de la fève (saine et infesté).

Variété	Longueur d'onde (m^{-1})	Groupe ment fonctionnels	Nombre des Groupe ment
Fève (infestée)	3391,29 2925,38 1634,37 1417,38 1373,46 1261,25 1070,98	Amine N-H ₂ Alcanes C-H Amides CO-O-NH ₂ Alcanes C-H Alcanes C-H Acide carboxyliques Amides CO-O-NH ₂	7
Fève (saine)	3406.83 2926.47 1651.53 1417.38 1407.55 1069.73	Amine N-H ₂ Alcanes C-H Amides CO-O-NH ₂ Alcanes C-H Alcanes C-H Amides CO-O-NH ₂	5

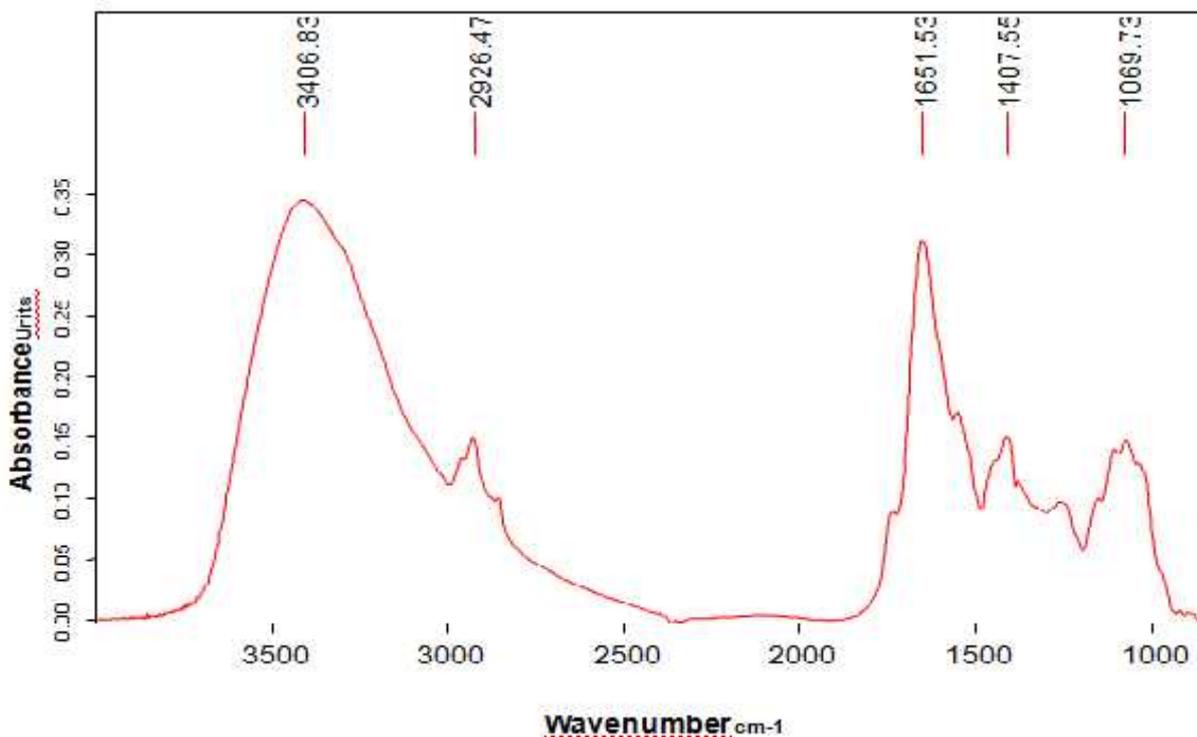


Figure 27: Spectres FTIR de l'analyse des poudres des feuilles de la fève (saine).

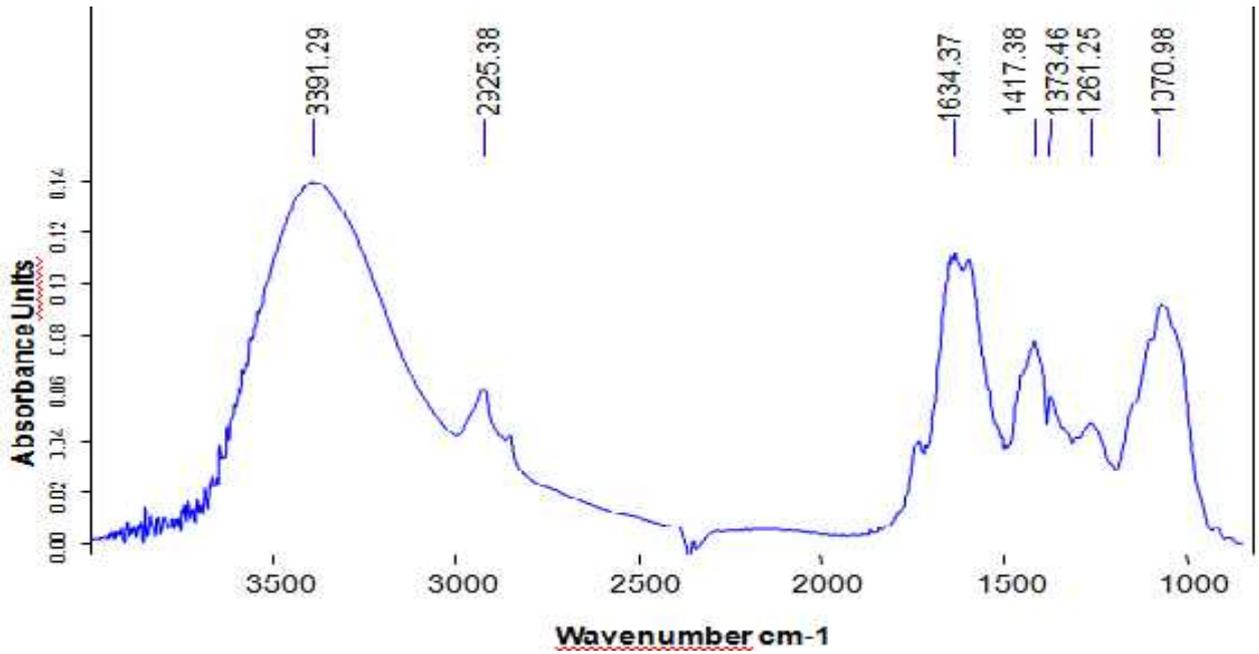


Figure 28: Spectres FTIR de l'analyse des poudres des feuilles de la fève (infesté).

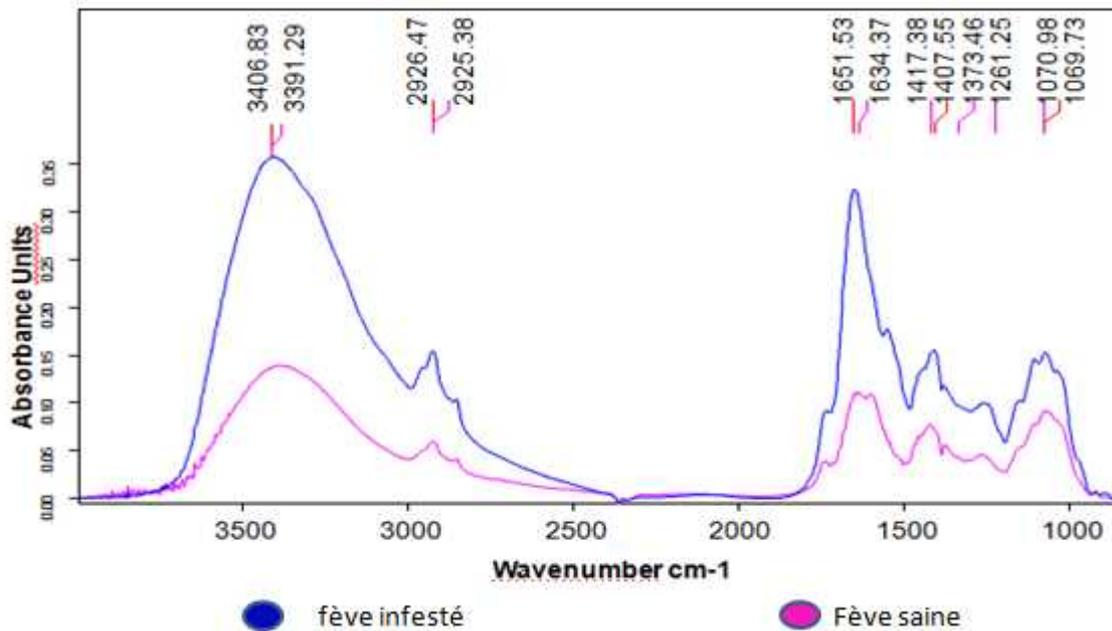


Figure 29: Spectres FTIR de l'analyse des poudres des feuilles de la fève (Saine et infesté).

Nous constatons que la poudre de la fève saine présente un spectre d'absorption entre [(3406.83 m^{-1}) et (1069.73 m^{-1})] avec (7) groupement fonctionnels et la fève infesté présente un spectre d'absorption entre [(3391.29 m^{-1}) et (1070.98 m^{-1})] avec (5) groupement fonctionnels.

Nous remarquons que la poudre de la fève infestée présente un spectre d'absorption plus élevée que celle de la fève saine et que seule la poudre des feuilles de la fève (infestée) présente un spectre d'absorption à $1261,25 \text{ cm}^{-1}$ caractéristiques des groupements d'Acide carboxyliques.

5- Teneur en sucres totaux :

Après avoir calculé la concentration de quatre sucres dans les feuilles de la fève (saine et infesté), les résultats sont présentés dans le tableau 5 et la figure 30 :

Tableau N°5 : Teneur en sucres des feuilles de la fève.

Sucres	Fève saine (mg/g)	fève infesté (mg /g)
Glucose	2,572	2,601
Saccharose	3,875	3,921
Fructose	0,108	0,109
Galactose	0,393	0,398
Totale	6,948	7,029

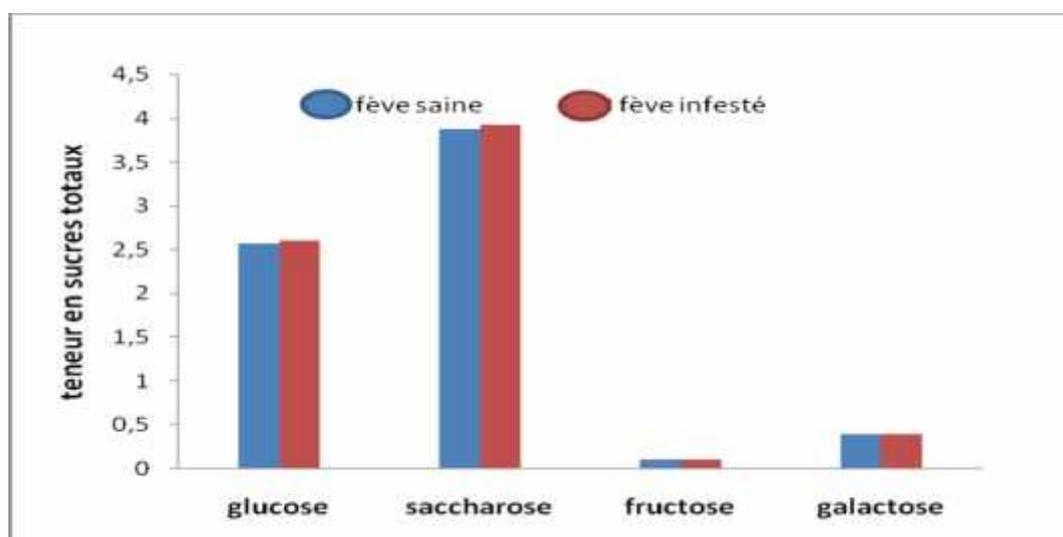


Figure 30 : Variation de teneur en sucres totaux de la fève.

Sur le plan quantitatif, nous remarquons une différence entre les teneurs en sucre des feuilles saines et infestées (fructose, galactose, glucose et saccharose). Les sucres les plus présents chez la fève sont (saccharose et glucose) et nous remarquons que le saccharose (3,921 mg /g) et le glucose (2,601 mg/g) sont plus élevés dans la fève (infesté) que la fève

(saine). Ce qui nous laisse supposer que l'infestation de la fève stimule la synthèse des sucres, surtout de type saccharose et de glucose.

Cependant, l'analyse statistique par le test GLM montre que l'état sanitaire de la plante n'a pas un effet significative ($p=0,151$) sur la variation de la synthèse des sucres. Par contre, selon le type de sucre, la différence est hautement significative ($p=0,000$).

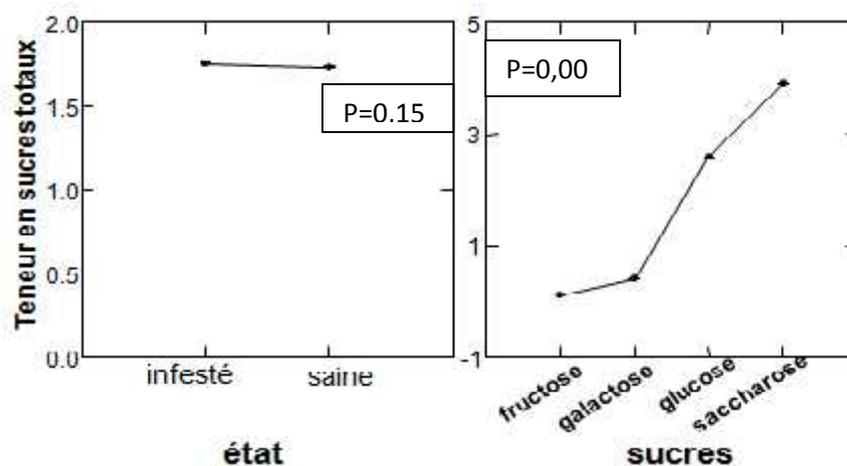


Figure 31 : Analyse de la variance par le test GLM sur la variation de la teneur des sucres selon l'état sanitaire de la fève.

Les aphides comme tous les homoptères se nourrissent de la sève riche en sucre qui est transformé en partie en miellat composé essentiellement des sucres. Selon (Christelle, 2007; Giordanengo et al, 2010) Les produits non assimilés de la digestion de la sève, riches en sucre, sont éjectés sur la plante sous forme de miellat. Le miellat est composé beaucoup plus de saccharose et glucose ce qui explique le choix de cet insecte pour son infestation à cette plante. Certains sucres sont excrétés par les aphides et utilisé dans la défense en attirant d'autres insectes. Le miellat est un terme générique définissant les rejets métaboliques des Homoptères, déposés sur les feuilles et au pied de la plante-hôte. Cette excrétion comprend essentiellement des sucres, 90 à 95 % de la matière sèche (monosaccharides : fructose, galactose, glucose, mannose, etc. ; disaccharides : maltose, mélébiose, sucrose, tréhalose, turanose, etc. et trisaccharides : fructomaltose (erlose), mélézitose, raffinose, etc.) (Wäckers, 2000 ; Yao et al., 2001), des acides aminés libres, des minéraux, des vitamines, des lipides et des acides organiques (Way, et al 1963).

Par contre, Mustapha et Samara (1999) cités par Khelfa (2004) ont mentionné de leur part que la variété de la fève ayant mieux supportée l'infestation par *A. fabae* est celle qui

renferme le plus faible taux d'azote et le taux de phosphore le plus élevé. Il est probable, que les cultivars de fève résistants à *A. fabae* sont ceux pauvres en azote et en sucres et plus ou moins riches en phosphore.

Conclusion générale

Cette étude rentre dans le domaine de la valorisation de la fève *Vicia faba* L., largement utilisée comme plante alimentaire et d'une valeur économique importante. Dans le but de produire des biomolécules à activité biocide, la présente étude avait pour objectif d'évaluer la variation temporelle des propriétés phytochimique de *Vicia faba* L. et la variation de la teneur des feuilles en quatre types du sucre (glucose, saccharose, galactose, fructose) selon l'état sanitaire de la fève.

L'extraction des polyphénols a montré que la variation temporelle du rendement des polyphénols totaux des feuilles infestées de la fève et la féverole (24,20% et 22%) est supérieure à celle des feuilles saines (18,7% et 17,6%) et la teneur en polyphénols des feuilles infestées de la fève et la féverole [0,3910 g; 0,3609 g EAG / gde poudre] est supérieure à celle des feuilles saines [(0,3661g; 0,3318g EAG / gde poudre].

Concernant l'étude de la relation plante hôte-puceron, nous pouvons dire qu'il ya une corrélation très significative pour la fève ($p=0,002$) et significative pour la féverole ($p=0,015$) entre le rendement des polyphénols et le taux d'infestation et une corrélation significative pour la fève ($p=0,027$) et corrélation marginalement pour la féverole ($p=0,0546$) entre les teneurs en polyphénols et le taux d'infestation.

Ainsi qu'une différence significative ($p=0,151$) des teneurs en sucres étudiés des feuilles de la fève saine et infesté. Alor nous pouvant conclure que l'infestation temporelle du puceron noir (*Aphis fabae Scop*) et la fonction du stade physiologique de la plante stimule la synthèse des composés phénoliques et des sucres par les feuilles de *Vicia faba* L. et que ces composés phénoliques possédant un fort pouvoir biocide.

L'identification des groupements chimiques des échantillons était effectuée par Chromatogramme de type FTIR (Spectromètre Infrarouge et Transformée De Fourier). Les groupements identifiés chez les feuilles de la fève saine et infestée sont :

- Amines NH_2 dans les bandes d'absorption ($3406,83$ et $3391,29 \text{ cm}^{-1}$).
- Alcanes CH et CH_2 dans les bandes d'absorption ($2926,47$ à $2925,38$ et $1407,55$ à $1417,38$ et $1373,46 \text{ cm}^{-1}$).

Conclusion générale

➤ Amides CO-O-NH₂ dans les bandes d'absorption (1651,35 à 1634,37 et 1070,98 à 1069,73 cm⁻¹).

Nous avons trouvé(7) groupements fonctionnels dans la poudre des feuilles de la fève sains, (5) groupements fonctionnels

£dans la poudre de la fève infestée, uniquement un spectre d'absorption à 1261,25 cm⁻¹ caractéristiques des groupements d'Acide carboxyliques trouvé dans la poudre des feuilles de la fève (infestée).

En perspectives et partant de ces résultats, il est nécessaire :

- D'approfondir l'étude phytochimique en utilisant des techniques plus performantes (HPLC, RMN...) en présences des étalons, pour une identification fiable et certaine des molécules responsables de l'activité biocide aureus présente dans les extraits de la fève.
- Appliquer les techniques biotechnologiques dans le domaine de production des métabolites secondaires à fin de tirer le maximum de ces molécules, et les utilisées pour l'intérêt de la santé humaine, animale ou végétale.
- Etudier des activités biologique de *Vicia faba* L. antimicrobienne, antioxydant, antifongique, etc....., pour pouvoir l'exploiter dans les domaines pharmaceutique, et agro-alimentaire.

1. **Abbas Andaloussi F., 2001.** Screening of *Vicia faba* for resistance to the “giant race” of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. *Nematol. Mediterr.* 29,29-33.
2. **Abou-zeid N. M., 2002.** Current status of legumes diseases in Egypt. Proceeding de 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
3. **Ait abdellah F. et Hamadache A., 1996.** Effet de la période de semis, de la variété et l'utilisation du Glycophosphate sur le contrôle de l'Orobanche chez la fève (*Vicia faba*) dans une zone sub-humide numéro spécial fève N°29, 27-30.
4. **Alain.F., 2006.** Fiche technique : les pucerons 1^{ère} partie. N° 141. Paris. 8 p.
5. **Amamra M., 2002 :** Le développement du Secteur des Légumineuses Alimentaires en Algérie : point de Vue de la Profession. Proceeding de 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
6. **Anonyme., 2009.** Fiche technique : la culture de la fèverole en AB. Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB). 8 p.
7. **BAILLY.R et al., 1990.** Guide pratique de défense des cultures. ACTA. France, Paris. 557 p.
8. **Bahorun T.1997.** Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle.
9. **Bonnemaison. L., 1962.** Les ennemis animaux des plantes cultivées. Ed. S.E.P., Paris, 668p.
10. **Bakroune, 2012.** Diversité spécifique de l'aphidofaune (Homoptera, Aphididae) et de ses ennemis naturels dans deux (02) stations: El-Outaya et Ain Naga (Biskra) sur piment et poivron (Solanacées) sous abris – plastique, thèse de magister en sciences agronomiques.
11. **Benarous Khedidja, 2006.** Effets des extraits de quelques plantes médicinales locales sur les enzymes: a-amylase, trypsine et lipase, thèse d'Ingénieur d'Etat en Biologie.
12. **Beta T., Nam S., Dexter J-E. et Sapirstein H-D., 2005.** Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82(4): 90-393.
13. **Biaye M. 2002.** Action pharmacologiques des tanins. p:53, thèse de doctorat.
14. **Boughdad A., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia faba* L. au Maroc : Thèse d'Etat en Sciences, N° 3628 Université de Paris-Sud Orsay, 182p.
15. **Bruneton J, 2009.** Tec & Doc Lavoisier, Pharmacognosie: Phytochimie, Plantes médicinales, 4^{ème} édition, p : 274-275. 1269 p.

16. **Bors W, Heller W, Michel C, Saran M, 1990.** Flavonoïdes comme antioxydants
détermination des efficacités de radical-radical-scavenging. *Méthode Enzymol*, 186:343 - 55.
17. **Bloor S. J., 2001.** *Method. Enzymol*, 335, 3-14.
18. **Bayoun I.M, Plapp F.W, Gilstrap F.E. and Michels G.J., 1995.** Toxicity
19. **Balachwsky A.S Et Mesnil L, 1934-** les insectes nuisibles aux arbres fruitiers, à la vigne, aux céréales et aux graminées et des prairies .Ed. victor .Massé.TI.Paris.627p.
20. **Cai.Y., Luo.Q., Sun.M., Corke.H, 2004.** Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer, *Life Sciences* 74:2157–2184.
21. **Charles M. et Benbrook P-D., 2005.** Accroître la teneur en antioxydants des aliments grâce à l’agriculture et à la transformation alimentaire biologiques. Rapport sur l’état des connaissances scientifiques. The Organic Center: 10.
22. **Charpentier J-P. et Boizot N., 2006.** Méthode rapide d’évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d’un arbre forestier. Amélioration génétique et physiologie forestières. INRA: 79.
23. **Chérif M., Arfaoui A. et Rhaïem A., 2007.** Phenolic compounds and their role in biocontrol and resistance of chickpea to fungal pathogenic attacks. *Tunisian Journal of Plant Protection* (2): 7-21.
24. **Chkarnat C, 2013.** Cours BL0034 et BL0024 plantes médicinales et vénéneuses. 34 p.
25. **Christelle. L., 2007.** Dynamique d’un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons. Thèse Doctorat., Agro Paris Tech, Paris. p 43-44.
26. **Clement J.M., 1981.** Larousse agricole, 541p.
27. **Cowan M-M., 1999.** Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12 (4): 564-582. **Cubero, J.I. 1974.** On the evolution of *Vicia faba* L. *Theoretical and Applied Genetics* 45: 4751.
28. **Dajoz, R. (2000).** Insects and forests: the role and diversity of insects in the forest environment. Purchase: INTERCEPT Ltd, PO Box 716, Andover, Hants SP10.
29. **Daoui K., 2007.** Recherche de strategies d’amélioration de l’efficience d’utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d’agriculture pluviale au Maroc. Thèse de doctorat. Science agronomique et ingénierie biologie. Louvain.
30. **Dixon Ra, Yuxie De, Sharma Sb. 2005.** Proanthocyanidins: a final frontier in flavoïd research? *New Phytol*: 165(1): 9-28.

31. **Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P., & Smith, F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350–356.
32. **Doyle JJ, Luckow MA (2003).** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiol* 131: 900–910.
33. **Drewnowski A. et Gomez-Carneros C., 2000.** Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *American Journal of Clinical Nutrition* (72): 1424-1435.
34. **Eaton. A., 2009.** Aphids. University of New Hampshire (UNH). Cooperative Extension Entomology Specialist.
35. **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. Proceeding de 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
36. **Fournier. A., 2010** - Assessing winter survival of the aphid pathogenic fungus *Pandora noaphidis* and implications for conservation biological control. Thèse Doctorat. Univ Eth Zurich.
37. **Garcia-Salas P., Morales-Soto A., Segura-Carretero A. et Fernández-Gutiérrez A., 2010.** Phenolic-compound-extraction systems for fruit and Vegetable samples. *Molecules* (15): 8813-8826.
38. **Geleijnse M.J ET Hollman C.P, Am J Clin Nutr. 2008 Jul; 88(1):12-3** Flavonoids and cardiovascular health: which compounds, what mechanisms?, *Am J Clin Nutr*. P: 38
- Gerard.C., 2009.** Comprendre l'évolution : 150 ans après Darwin. Ed de boeck. Belgique. 279 p.
39. **Giordanengo. P., Brunissen. L., Rusterucci. C., Vincent. C., Bel. A. V., Dinant. S.,**
40. **Girousse. C., Faucher. M., & Bonnemain. J. L., 2010 .** Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses. *C. R. Biologies* 333 : 516–523.
41. **Giove R.M. et Abis S., 2007.** Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Les notes d'analyse du CIHEAM 23: 1-21.
42. **Guignard J.L, 2000.** biochimie végétale p ; 164.
43. **Hale A-L., 2003.** Screening Potato Genotypes for Antioxidant Activity, Identification of the Responsible Compounds, and Differentiating Russet Norkotah Strains Using Aflp and Microsatellite Marker Analysis. Office of Graduate Studies of Texas A&M University. Genetics: 260 P.
44. **Hamadache A., 2003.** La féverole. Inst. Tech. Gr. Cult (T.T.G.C), 13p.

45. **Haslam E. 1994.** Skikimic acid, metabolism et metabolites. Jhon wiley and sons (ed.) 4: 331 343.
46. **Havlickova H., Cvikrova M. et Eder J., 1996.** Phenolic acids in wheat cultivars in relation to plant suitability for and response to cereal aphids. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 103: 535-542.
47. **Heller W, Forkmann G. 1993.** The flavonoïds advances in research since 1986.
48. **Hulle. M., Turpeau-Ait ighil. E., Robert. Y., & Monet. Y., 1999.** *Les pucerons des plantes maraichères*. Cycle biologique et activités de vol. Ed A.C.T.A. I.N.R.A. Paris.
49. **Khalidi R., Zekri S., Maatoughi M.E.H. et Brn yassine A., 2002 :** L'Economie des Légumineuses Alimentaire au Maghreb et dans la Monde. Proceeding de 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
50. **Kaysi Y. and Melcion (1992):** Traitements technologiques de protéagineux pour le monogastrique, exemple d'application a la graine de féverole, INRA. Prod. Anim. 5(1),p.3 17.
51. **Kharrat, 2002.** Etude de la Virulence de l'Ecotype de Beja d'*Orobanche foetida* sur Différentes Espèces de légumineuses. Proceeding de 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
52. **Klingauf F.A.J., 1982.** Breeding for resistance to aphids. *Faba bean improvement, Netherlands*: 286-289.
53. **Kolev N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie ; légimes, fruits, ED J. BAILLIERE. Paris. Vol I, 207 p.
54. **Laborius A., Saba F., 1977.** Les insectes nuisibles aux graines des légumineuses au phytopharmacie. Cvi. Med. A Rabat, p71-73.
55. **Larrald J. et Martinez J.A 1991 :** Nutritionnal value of faba : effect on nutrient utilization, protein turnover and immunity. Options méditerranéennes : present statut and future perspects of faba bean production, I.C.A.R.D.A. Série A, N°10, pp. 111-117.
56. **Lazrek-brn friha F., 2008.** Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisienne de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université de Toulousz. 255p.
57. **Lebreton JC., Legaet S., Guibert S., Masson F., Rigaud J.P. et Rocton., 2009.** La féverole d'hiver, chambre d'agriculture de l'Orne, 10p.
58. **Leclant. F., 1978.** *Les pucerons des plantes cultivées, clef d'identification I, grandes cultures*. Ed. Association coor. Tech. agri.(A.C.T.A), Paris, 63p.

59. **Leclant F., 1999.** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. I- Grandes cultures. Ed. ACTA, INRA. Paris. 64p.
60. **Maatougui.M.E.H., 2007.** Manuel de formation : Les maladies, les adventices et les ravageurs des fèves en Algérie. Réseau maghrébin de recherche sur fèves (Rémafève). Algérie. 4 p.
61. **Maatougui M.E.H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. Rev. Cérééal. 29: 6-14.
62. **Macheix J.J ; Fleuriet A ; et Jay-Allemand C. (2005) :** Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique .Presses Polytechnique et universitaires Romandes .1, 84, 85, 161.
63. **Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C. et Jimenez L., 2004.** Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal Clin Nutr.* 79(5): 727-747.
64. **Marouane W., Soussi A., Murat J C., 2011.**The protective effect of *Malva sylvestris* on rat kidney damaged by vanadium. *Lipids in Health and Disease.* **10**:65.
65. **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
66. **Meradsi, (2009).** Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève *Vicia faba* L. au puceron noir *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera: Aphididae), thèse de magister en Agronomie.
67. **Meskiné M., Bouznad Z., Allagui L.M. et Aziri H., 2002.** La Rouille des fèves dans le Kaghreb : Incidence de la Maladie et Sources de Résistance. Proceeding de 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
68. **Michaleck S., Treutter D., Mayr U., Lux endricha A., Gutmann M. et FEUCHT W., 1996.** Role of flavan-3-ols in resistance of apple trees to *Venturia inaequalis*. *Polyphenols comm.* 2, 347.
69. **Montoro A., Braca A., Pizza C., 2005.** Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. *Food Chemistry* 92: 349–355.
70. **Nozzolillo C., Ricciardi L. and Lattanzio V. (1989):** Flavonoïds constituents of seed coat of *Vicia faba* (Fabaceae) in relation to genetic control of their color, *Can. J. bot.* pp. 67; 1600-1604.
71. **Ortiz-Rivas. B & Martinez-Torres. D. 2010 -** *Combination of molecular data support the existence of three main lineages in the phylogeny of aphids (Hemiptera: Aphididae) and the*

basal position of the subfamily Lachninae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55: 305–317.

- 72. Planquaert P.H. et Girard G., 1987.** La féverole d'hiver, Revue, I.T.C.F 3^{ème} Trim. 32p.
- 73. Psotová J., Lasovsk J. et Vi ar J., 2003.** Metal-Chelating Properties, Electrochemical Behavior, Scavenging and cytoprotective activities of six natural phenolics. *Biomed.* 147(2): 147-153.
- 74. Qubbaj. T., Reineke. A., & Zebitz. C. P. W., 2004.** Molecular interactions between rosy apple aphids, *Dysaphis plantaginea*, and resistant and susceptible cultivars of its primary host *Malus domestica*. University of Hohenheim, Institute of Phytomedicine, Germany.p145: 145-152.
- 75. Rachef S.A., Ouamer F. et Ouffroukh A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève eb Algérie (Identification et caractérisation). I.N.R.A., 16 :36-41.
- 76. Remaudiere G. Et Remaudiere M., 1997.** Catalogue des Aphididae du monde.Of the World's Aphididae ; Homoptera. Aphidoïdae. Ed. Inst. nati. rech. agro., Paris, 473 p.
- 77. Resemy C. 1998.** Les légumes et fruits sources de micronutriments protecteurs.
- 78. Rhaim A., 2002.** Studies on the pathogecic variablility among isolates of *Botrytis ssp.* From Tunisia and resistance of faba genotypes to chocolate spot.In: 11 congress of the Mediterranean phyytopathological union et 3 congress of the sociedade portuguesa de Fitopayological, Evora, Portugal, 146-148. Andalus Academic publishing, 209p.
- 79. Serrano M., Zapata P-J., Castillo S., Guillén F., Martínez-Romero D. et Valero D., 2010.**Antioxidant and nutritive constituents during sweet pepper development and ripening are enhanced by nitrophenolate treatments. *Food Chemistry.* 118: 497-503.
- 80. Singleton. VL, Timberlake C F, Lea A G H, 1978.** The phenolic cinnamates of grapes and wine, *journal of Sciences and Food Agriculture.* 29, 403-410 p.
- 81. Singleton V L & Rossi J A Jr, 1999.** Colorunetry Of Total Phenolics With Phosphomolybdic Phosphotungstic Acid Reagents. *Amer. J. Enol. Viticult.* 16:144-58, 1965.
- 82. Spencer Jp, Abd El Mohsen Mm, Minihane Am, Mathers Jc. 2008.** Biomarkers of the intake of dietary polyphenols: strengths, limitations and application in nutrition research. *Br Nutr.* 99:12–22.
- 83. Stevenson P. C., Kimmins F. M. , Grayer R. J. et Raveendranath S., 1996.** Schaftosides from rice phloem as feeding inhibitors and resistance factors to brown planthoppers, *Nilaparvata lugens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* Vol. 80 (1): 246 - 249.

- 84. Taghit R., 1987.** Bio écologie des pucerons en cultures maraîchères. Mémoire Ing. Inst. nati. agro., El Harrach, 108 p. of selected insecticides to *Diuraphis noxia* (Homoptera, Aphididae) and it's natural enemies. Jour. Of Econo. Entomo. Vol. 88 (5) : 1177-1185.
- 85. Thomas F., 2008.** La féverole conforme son intérêt. Technique culturales simplifiée N°48. 4^{ème} édition. 102p.
- 86. UNUP:** The United nation's university press (UNUP) 1986. Food and Press nutrition bulletin.
- 87. Veshkurova O; Golubenko Z; Pshenichnov E et al, 2006. Malvone A,** une phytoalexine a trouvé dans des sylvestris de Malva (le Malvaceae de famille). *Phytochemistry* **67** :2376–2379.
- 88. Wäckers F.L., 2000.** Do oligosaccharides reduce the suitability of honeydew for predators and parasitoids, A further facet to the function of insect-synthesized honeydew sugars. *Oikos*, **90**, 197-201.
- 89. Way M.J., 1963.** Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. *Annu. Rev. Entomol.*, **8**, 307-344.
- 90. Zaghouane O., Adjout N., Bouchata K., Buhaouchine L., Branki N. et Seran N., 2000.** La réhabilitation et le développement des légumineuses alimentaires dans le cadre du plan national de développement agricole. *Céréaliculture*, N° 34, pp 61-67.

Annexe N° 1

Appareillage

- Bain marie.
- Etuve.
- Vortex.



Balance analytique de précision pour peser la poudre végétale.

- Agitateur.
- Réfrigérateur.

Verrerie et accessoires

- Entonnoirs, poire et flacons.
- Erlen et ballons.
- Papier filtre.
- Mousseline.
- Papier aluminium.
- Portoirs pour les tubes.
- Fioles.
- Gants.
- Crayon marqueur.
- Burette.
- Étiquette.
- Pipettes graduées.
- Micro Pipette.
- sacs en papier.

Réactifs :

- Eau distillée.
- méthanol à 99,6%.
- éthanol à 80%
- l'hexane.
- acétate d'éthyle.
- Sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 20 % (m/v).
- Acide orthophosphorique H_3PO_4 2% (m/v).
- Folin-Ciocalteu «500 μl (10 fois diluée) ».
- acide Gallique.
- Carbonate de sodium « 2 ml Na_2CO_3 à 20% (m/v) ».
- KBr.
- phénol à 5%.
- acide sulfurique concentré 96% (densité 1,86).

Annexe N°2 :



Figure 1 : Evaporateur rotatif



**Figure 2: Spectrophotomètre
UV/Visible**



Figure 3 : Spectromètre Infra Rouge à Transformeur de Fourier (FTIR).



Figure 4 : incubateur-agitateur.

Annexe N°3 :

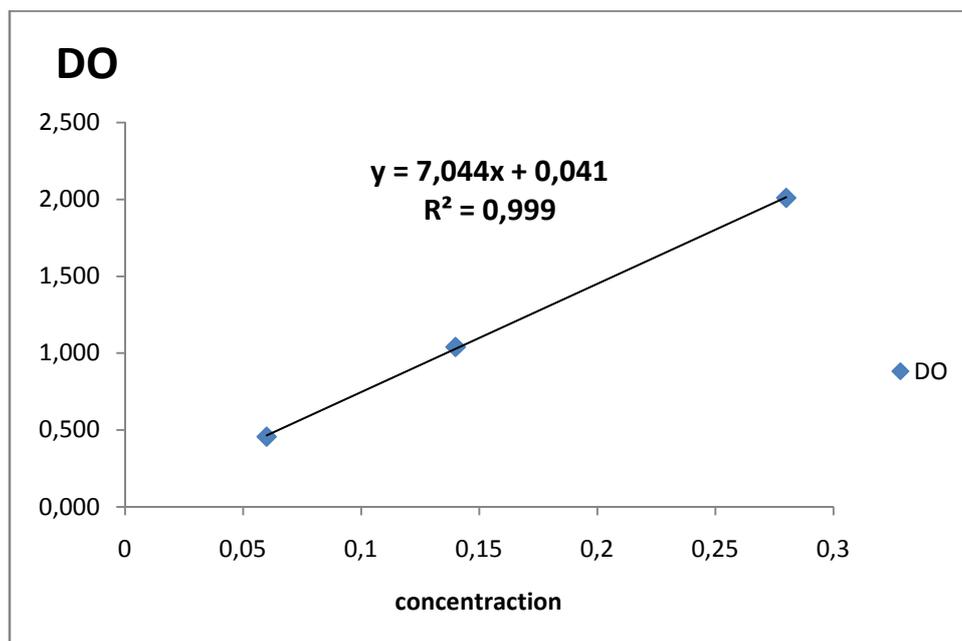


Figure1 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

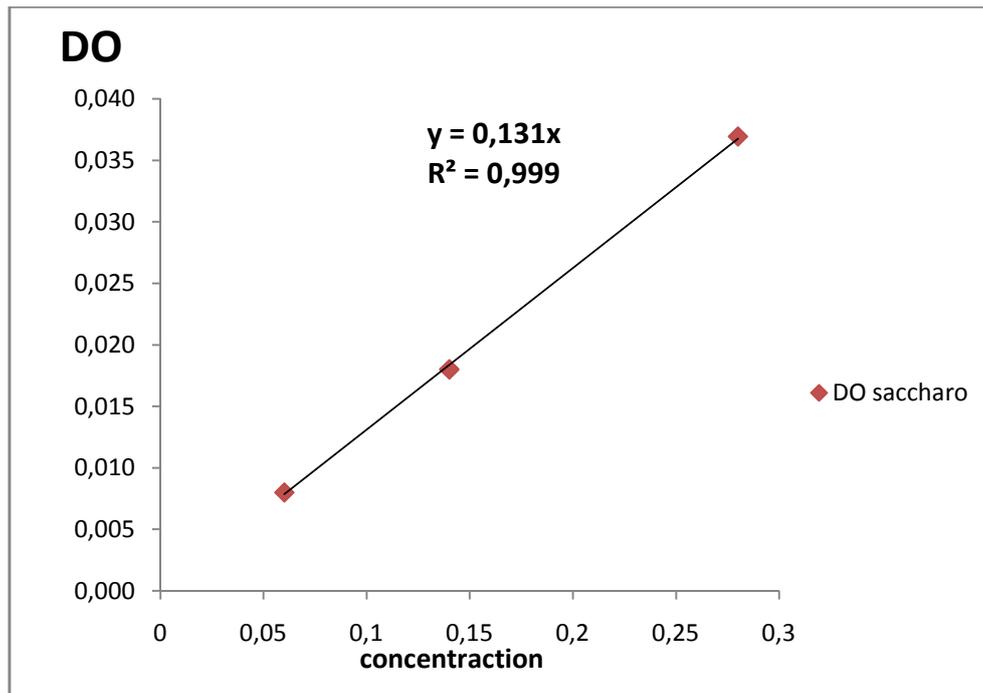


Figure2 : Courbe d'étalonnage du saccharose.

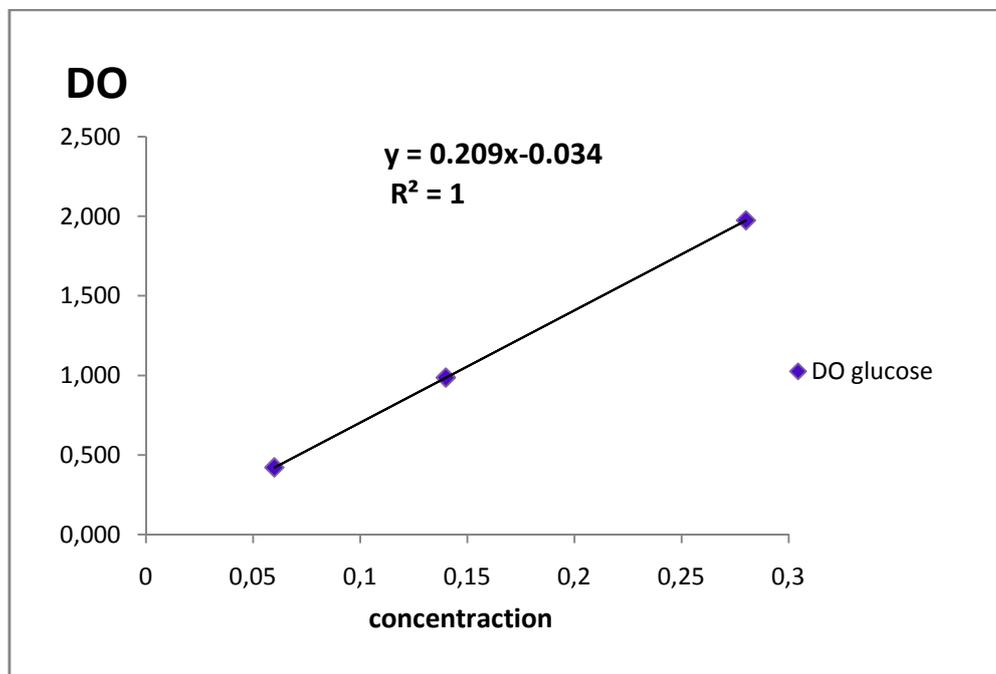


Figure3 : Courbe d'étalonnage du glucose.

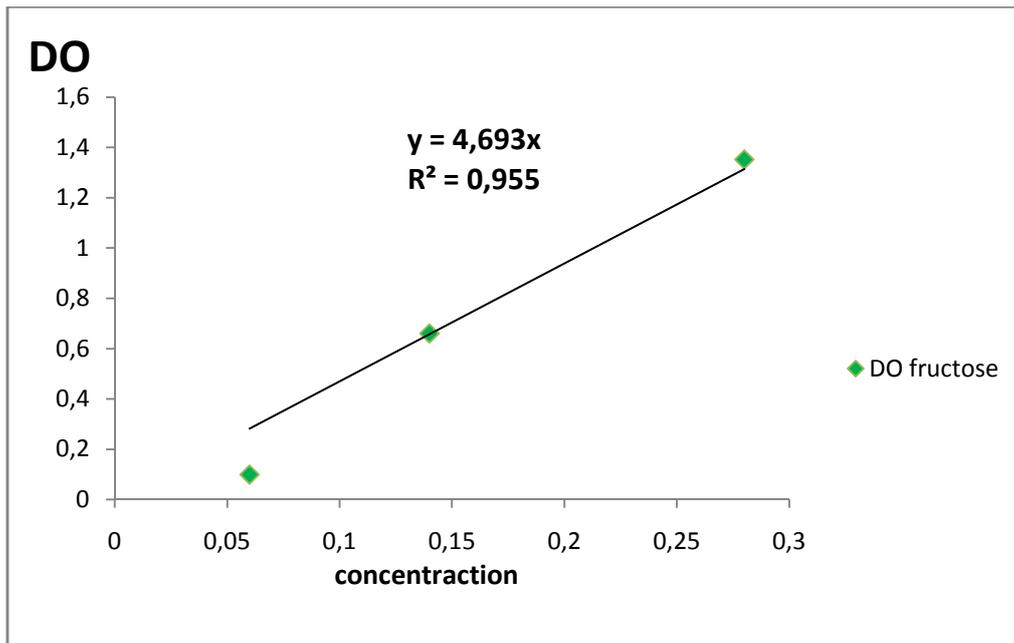


Figure4 : Courbe d'étalonnage du fructose.

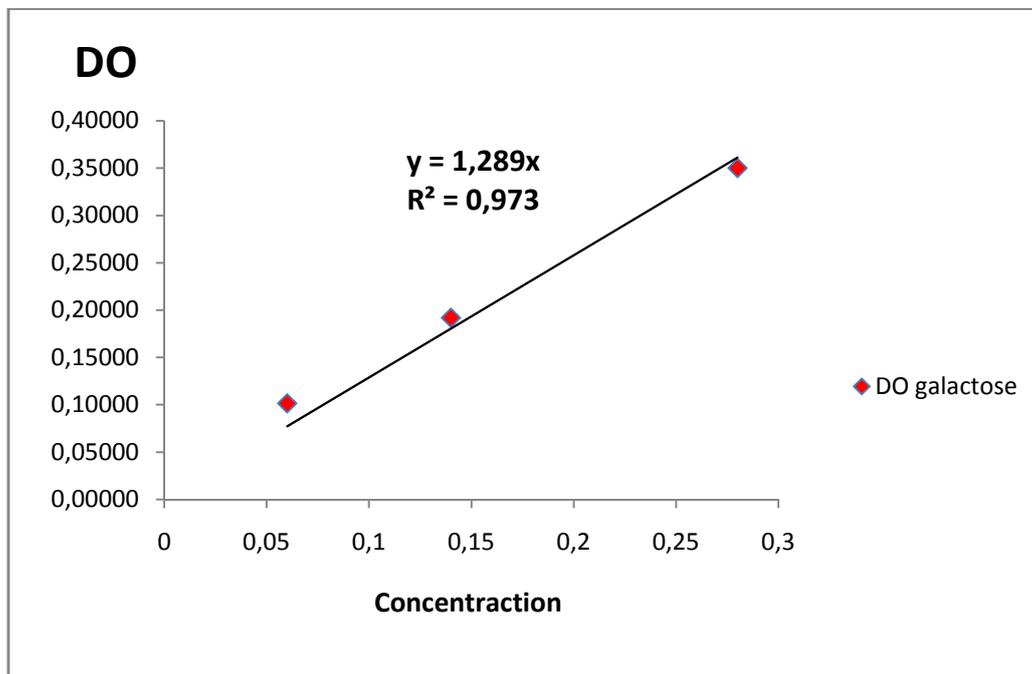


Figure5 : Courbe d'étalonnage du galactose.

Annexe N°4 :

Tableau N°1 : taux de germination de la fève et féverole :

période	26-févr	27-févr	28-févr	01-mars	02-mars	03-mars	04-mars	05-mars	06-mars
Fève%	0	7	35	66	81	90	95	98	100
Féverole%	0	3	27	51	75	86	91	96	100

Tableau N°2 : Analyse de la variance sur la variation temporelle de la germination selon la variété chez la fève.

Facteurs	Somme des carré	d.d.l	Carré moyens	F-ratio	P
Variété	115,562	1	115,562	11,091	0,013
Période	21850,937	7	3121,562	299,584	0,000

Tableau N°3 : Rendement des polyphénols de la fève et de la féverole.

Période	Fève témoin (%)	Fève infeste (%)	Féverole témoin (%)	Féverole infeste (%)
13/04/2014	17	20	16	18
16/04/2014	18	21	16	19
21/04/2014	18	22	17	21
24/04/2014	19	24	18	22
27/04/2014	19	26	19	23
30/04/2014	20	27	19	26
04/05/2014	22	28	20	25
08/05/2014	20	26	19	24
12/05/2014	18	25	17	22
16/05/2014	16	23	15	20
La moyenne	18,7	24,20	17,6	22

Tableau N°4 : Analyse de la variance sur la variation du rendement selon l'état sanitaire et la variété chez la fève.

Facteurs	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Etat	261.259	1	261.259	60.277	0.000
Variétés	37.541	1	37.541	8.661	0.006

Tableau N°5 : Analyse de la variation du rendement des polyphénols selon l'état sanitaire de la fève et de la féverole.

Facteurs	variété	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Etat	Fève	169.314	1	169.314	42.543	0.000
	féverole	114.432	1	114.432	30.850	0.000

Tableau N°6 : Teneur en polyphénols totaux de la fève et de la féverole.

Jours	Fève Témoin (g EAG / g)	Fève Infesté (g EAG / g)	Féverole Témoin (g EAG / g)	Féverole Infesté (g EAG / g)
13/04/2014	0,3277	0,3844	0,3206	0,3347
16/04/2014	0,3560	0,3887	0,3206	0,3418
21/04/2014	0,3560	0,3901	0,3277	0,3631
24/04/2014	0,3972	0,3915	0,3347	0,3660
27/04/2014	0,3972	0,3930	0,3376	0,3773
30/04/2014	0,3844	0,3944	0,3376	0,3802
04/05/2014	0,3887	0,3958	0,3418	0,3773
08/05/2014	0,3844	0,3930	0,3376	0,3702
12/05/2014	0,3560	0,3901	0,3319	0,3560
16/05/2014	0,3135	0,3887	0,3277	0,3418
Moyenne	0,3661	0,3910	0,3318	0,3609

Tableau N°7 : Analyse de la variation de la teneur en polyphénols selon l'état sanitaire, la variété et la période chez la fève.

Facteurs	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Etat	0.007	1	0.007	45,796	0.000
Variété	0.011	1	0.011	67,947	0.000
Période	0,006	9	0,001	4,432	0,001

Tableau N°8 : Analyse de la variation de la teneur en polyphénols selon l'état sanitaire temporelle de la fève et de la féverole.

Facteurs	Variété	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Etat	Fève	0.004	1	0.004	25.742	0.000
	Féverole	0.003	1	0.003	7.149	0.015

Tableau N°9 : Analyse de la variation de la teneur des sucres totaux selon l'état sanitaire de la fève.

Facteurs	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Etat	0.001	1	0.001	3.665	0.151
Sucres	19.686	3	6.562	29321.305	0.000

Tableau N°10: le taux infestation de la fève et de la féverole par (*Aphis fabae*).

Période	Nbr de moyenne des pucerons sur la fève	Nbr de moyenne des pucerons sur la féverole
13/04/2014	15	12
16/04/2014	60	48
21/042014	100	95
24/04/2014	140	155
27/04/2014	256	270
30/04/2014	345	330
04/05/2014	420	400
08/05/2014	400	390
12/05/2014	370	380
16/05/2014	360	350