

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche*  
*Scientifique*  
Université A. MIRA-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement  
Filière : Santé et Environnement  
Option : Environnement et Santé Publique



Réf :.....

Mémoire de Fin de  
Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Effet du guano des chiroptères sur la croissance  
des plantules de légumineuses cultivées**

Présenté par :

**Djebbar Hocine & Kouachi Mohamed Lamine**

Soutenu le : 20/06/2017

Devant le jury composé de:

M <sup>f</sup> BOUGAHAM A. F.	MCA	Président
M <sup>f</sup> AHMIM M.	MCB	Examineur
M <sup>f</sup> RAMDANI N.	MAA	Promoteur

**Année universitaire : 2016 / 2017**

## Remerciements

A Allah,

Pour la volonté et la patience qu'il nous a donnée pour réaliser ce travail.

Nous adressons tout d'abord nos remerciements les plus sincères à Mr. RAMDANI Nacer (Maître Assistant A) qui a accepté très volontiers d'être notre promoteur. Sa grande connaissance dans le domaine, ainsi que son expérience, ont joué un rôle important dans la conception de ce travail.

Nous tenons à remercier Mr AHMIM M. (Maître de conférences B) et M<sup>me</sup> BOUGAHAM A.F. (Maitre de conférences A) pour nous honorer d'être nos membres de jury.

Nos remerciements s'adressent également à :

Mme MESSAOUDENE Fouzia, technicienne du laboratoire de biologie des sols pour sa disponibilité et sa gentillesse.

Mr BENADJOUAD et Mr BELHADI pour leur aide.

Sans oublier tous les enseignants qui ont participé à notre formation au cours de ces années.

Enfin, nos sentiments de reconnaissance et de gratitude à toute personne qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail par leur soutien moral ou matériel.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail aux personnes les plus importants dans ma vie mes parents Ammar et Malika dieu les garde.*

*A mes chères sœurs Soumia, Yasmîna, Zhore et Nour el Houda , dieu les protège.*

*A mis nièces, Abdou, Meriem et la nouveau née Razane .*

*A mes grands-mères Khemissa et Sassia et à tous les membres de ma famille.*

*A tous mes amis, en particulier Soheyb et mon binôme Hocine.*

*A tous les gens que j'aime dans ce monde.*

*Mohamed lamine*

## *Dédicaces*

*Avec l'aide de dieu le tout puissant est enfin achevé ce travail.*

*Je dédie ce travail à :*

*Ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance et qui m'ont soutenu jour et nuit durant tout mon parcours. Mes très chers parents (Cherif et Noua), je vous remercie infiniment de m'avoir élevé et fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*« Que dieu vous protèges »*

*A ma grande mère Zarfa.*

*A la mémoire de mes grands parents maternels et mon grand père paternels « reposez en paix ».*

- *A mon cher collègue Amine avec qui j'ai partagé ce modeste travail, et que je remercie pour son courage et sa patience.*
- *Mes frères Fayçal et Billal je vous dis merci pour vos efforts et votre soutien je vous adore.*
- *Mes très chères sœurs Zoulikha, Ouarda, Kenza et Ibbtissem, que je remercie pour leur présence à mes côtés tout en leurs souhaitant beaucoup de réussite et de joie dans leur vie.*
- *Mes très chers oncles et tentes.*
- *A celui qui m'a aidé et soutenu avec toutes ses capacités pendant mon cursus universitaire, très chère amie BOUNINI Lamia.*
- *Mes chers copains avec lesquels J'ai partagé des moments inoubliables.*
- *A tout mes amies*

*Hocine*

# SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction.....1**

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

1. Notions sur la fertilité des sols.....2

1.1. Fertilité chimique.....3

1.2. Fertilité biologique.....3

1.3. Fertilité physique.....3

2. Effet des matières organiques sur les propriétés des sols.....4

2.1. Origine de la matière organique.....4

2.2. Action de la matière organique sur les propriétés physique du sol.....4

2.3. Action de la matière organique sur les propriétés chimiques du sol.....5

2.4. Action de la matière organique sur les propriétés biologiques du sol.....5

3. Généralités sur le guano.....5

3.1. Utilisation du Guano de chauve-souris comme engrais.....7

4. Généralités sur les légumineuses.....8

4.1. Rôle et importance des légumineuses.....8

4.2. La fève (*Vicia faba* L.).....9

4.3. Classification de *Vicia faba* L.....9

4.4..Variétés de *Vicia faba* L.....9

## Chapitre II : Matériels et méthodes

1. MATERIEL.....	11
1.1. Le sol.....	11
1.2. Le guano.....	11
1.3. Le matériel végétal.....	11
2. METHODES.....	12
2.1. Analyses physico-chimiques du sol et du guano.....	12
2.1.1. Les Analyses physiques.....	12
2.1.1.1. Mesure de l'humidité résiduelle.....	12
2.1.1.2. Analyse granulométrique.....	12
2.1.1.3. Le pH.....	13
2.1.1.4. Conductivité électrique (CE).....	13
2.1.2. Les analyses chimiques.....	14
2.1.2.1. Dosage de calcaire total.....	14
2.1.2.2. Dosage de calcaire actif.....	14
2.1.2.3. Dosage de l'azote total.....	14
2.1.2.4. Dosage du Carbone organique.....	15
2.1.2.5. Dosage de phosphore assimilable.....	15
2.1.2.6. Capacité d'échange cationique.....	15
2.1.2.7. Dosage des cations échangeables ( $\text{Ca}^{2+}$ ; $\text{Mg}^{2+}$ ; $\text{K}^{+}$ ; $\text{Na}^{+}$ ).....	16
a-Dosage de Potassium et de Sodium.....	16
b-Dosage du Calcium et du Magnésium.....	16
2.2. Effet de guano sur la croissance de <i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i> .....	16

2.2.1. Déroulement de l'essai.....	16
2.2.2. Préparation des pots.....	16
2.2.3. Préparation des graines.....	17
2.2.4. Mise en germination des graines.....	17
2.2.5. Mise en place de l'expérimentation.....	18
2.2.5.1. Repiquages des graines germées.....	18
2.2.5.2. Conditions de culture.....	18
2.2.5.3. Dispositif expérimental.....	18
2.2.6. Paramètres mesurés.....	19
2.2.6.1. Mesures des paramètres morphologiques.....	19
a- Détermination des longueurs.....	19
b- Détermination des poids frais et secs.....	19
c- Détermination de la matière sèche.....	19
d- Détermination de la surface foliaire.....	19
2.2.6.2. Mesures des paramètres de la nutrition minérale.....	20
a-Dosage de l'azote total du végétal.....	20
b-Dosage des cations.....	20
2.3. Traitement des données.....	20
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
3.1. Caractérisation physico-chimiques du sol.....	21
3.2. Caractéristiques physico-chimiques du guano.....	24
3.3. Effet du guano sur les paramètres morphologiques.....	25
3.3.1. Effet du guano sur la surface foliaire.....	26

3.4. Effet du guano sur la nutrition minéral du végétal.....	27
3.4.1. Teneurs en azote.....	27
3.4.2. Teneurs en phosphore.....	28
3.4.3. Teneurs en potassium.....	28
3.5. Effet du guano sur les propriétés physico-chimiques du sol.....	29
3.6. Discussion.....	30
<b>Conclusion.....</b>	<b>32</b>

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

## Liste des abréviations

**A** : Argile.

**BAC** : bloc opératoire complet.

**CE**: conductivité électrique.

**CEC** : capacité d'échange cationique.

**FAO**: Food and agriculture organization.

**Lf** : limons fins.

**Lg** : limons grossiers.

**Meq**: milli équivalent.

**MO** : Matière organique.

**MS** : matière sèche.

**mS** : Milli Siemens.

**PF** : poids frais.

**PFF** : poids frais foliaire.

**PhF** : Phosphore des parties aériennes.

**PFR** : Poids frais racinaire.

**ppm** : partie par million.

**PS**: Poids sec.

**PSF** : Poids sec foliaire.

**PSR** : Poids sec racinaire

**Sf** : Sable fin.

**SuF** : Surface Foliaire.

**Sg** : Sable grossier.

**HF** : hauteur des parties aériennes.

**LR** : longueurs des parties racinaires.

**USDA**: United State Department of Agriculture.

## Liste.des.tableaux

<b>Tableau I.</b> : Teneurs.en.NPK.par.type.de.guano.....	6
<b>Tableau II</b> : composition minérale du guano selon les espèces de chauve-souris.....	7
<b>Tableau III</b> : Teneurs en protéines des diffèrent espèces des légumineuses.....	8
<b>Tableau IV</b> : Résultats des analyses physico-chimiques du sol d'Oum El Bouaghi.....	21
<b>Tableau V</b> : Classification de la matière organique selon Baize (1988) .....	22
<b>Tableau VI</b> : les classes de la conductivité électrique du sol.....	23
<b>Tableau VII</b> : Interprétation des valeurs de CEC du sol.....	23
<b>Tableau VIII</b> : Résultats des analyses physico-chimiques du guano.....	24
<b>Tableau IX</b> : Effet du guano sur les paramètres morphologiques.....	25
<b>Tableau X</b> : Effet du guano sur les paramètres physico-chimiques des échantillons du sol.....	29

## Liste.des.figures

<b>Figure 1</b> : Le chauve souris ( <i>Rhinolophus hipposideros</i> ).....	6
<b>Figure 2</b> : les variétés de <i>Vicia faba</i> .L.....	10
<b>Figure 3</b> : les différents échantillons utilisés dans l'étude.....	11
<b>Figure 4</b> : Triangle de texture du sol.....	13
<b>Figure 5</b> : Répartition pondérale des graines de <i>Vicia faba</i> L. var <i>minor</i> .....	17
<b>Figure 6</b> : Germination des graines de <i>Vicia faba</i> var <i>minor</i> .....	17
<b>Figure 7</b> : Dispositif expérimental.....	18
<b>Figure 8</b> : Photo des feuilles prises pour la mesure de la surface foliaire.....	19
<b>Figure 9</b> : effet du guano sur la surface foliaire.....	26
<b>Figure 10</b> : effet du guano sur les teneurs en azote des plantes.....	27
<b>Figure 11</b> : effet du guano sur les teneurs en phosphore des parties aériennes des plantes.....	28
<b>Figure 12</b> : effet du guano sur les teneurs en potassium des plantes.....	28

## Introduction

En Algérie, les légumineuses alimentaires appelées communément “légumes secs” couvrent à l’heure actuelle (campagne 2014-2015) une superficie de 79 600 hectares, donnant une production de 832 000 quintaux pour des besoins estimés à 2,8 millions de quintaux, soit un taux de couverture de 30%. Le reste des besoins, soit 1,9 millions de quintaux est importé pour une valeur de 234 millions de dollars (<sup>1</sup>).

La majorité du territoire algérien est caractérisé par un climat aride à semi-aride. Les sols de ces régions contiennent des doses faibles de matières organiques (entre 0,3 et 1 %) (Benchetrit, 1956). Cette pauvreté en matière organique oblige les agriculteurs d’utiliser les engrais chimiques pour couvrir les besoins des cultures en éléments nutritifs.

Bien que les produits chimiques agricoles aient augmenté la production alimentaire, ils mènent par contre à l’affaiblissement de la santé de sol, à l’épuisement de la matière organique et à la persistance de métaux lourds et pesticides. Pour cela, l’agriculture organique a été encouragée pour restaurer la santé et augmenter la fertilité naturelle du sol (Sridhar et *al.*, 2006). Plusieurs engrais organiques d’origine animale sont disponibles pour usage (par exemple les excréments bovins, les urines, le fumier de mouton, les fientes de volaille, le guano des oiseaux marins et des chauves-souris, les déchets de ver de soie et vermicompost). Disponibilité de tels engrais pour la production agricole est restreinte, ceci est dû à beaucoup de contraintes telles que la région géographique, la conscience de la valeur de l’engrais, l’ampleur de la production de l’engrais et de sa gestion (Sridhar et *al.*, 2006).

Déterminer un bon engrais organique qui peut nous permettre d’accomplir une bonne gestion de la fertilité du sol, doit rester une appréhension majeure de la recherche.

C’est dans cette perspective qu’il nous ait paru approprié d’examiner dans cette étude l’effet du guano des chiroptères sur la croissance des plantes.

Ce travail a pour but principal d’évaluer le développement d’une légumineuse cultivée (*Vicia faba* L. var. *minor*) sous l’effet de guano des chiroptères et d’étudier son effet sur certains paramètres physico-chimiques du sol, notamment sa fertilité.

---

<sup>1</sup>Note conceptuelle : Année Internationale des Légumineuses 2016, Ministère de l’Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.

*Chapitre I :*  
*Synthèse Bibliographique*

## 1. Notions sur la fertilité des sols

Le sol est une structure vivante et dynamique, résultat de la transformation d'une roche-mère sous l'action conjuguée de l'eau, de l'air, des températures et de la vie (animale ou végétale). Il est à la fois le produit et le support des activités humaines et notamment de la production agricole et forestière.

Un sol fertile est une réserve de substances nutritives qui proviennent de l'altération de la roche mère, de la décomposition de matières organiques et de l'atmosphère. Les racines puisent dans la solution du sol les éléments majeurs (N, P, K, Ca, Mg, ...) et les oligo-éléments, la composition de la solution étant régulée par le complexe adsorbant du sol.

Dans la pédologie et l'agronomie, le concept de fertilité du sol a presque un nombre infini de définitions, et les points de vue varient largement quant à sa signification et son importance. Certains chercheurs ont suggéré d'abandonner le concept pendant que d'autres suggèrent que l'attention devrait être changée vers un autre concept, à savoir, la qualité du sol (Patzel et *al.*, 1999).

Parmi les définitions de fertilité du sol, on peut citer :

- Selon Abbott et Murphy (2003), la capacité du sol à répondre aux besoins physiques, chimiques et biologiques nécessaires à la croissance des plantes, pour leur productivité, leur reproduction et leur qualité (considérée en termes de bien-être humain et animal dans les cas des plantes utilisées comme nourriture ou comme fourrage), de manière adaptée au type de plante, au type de sol, à l'usage des sols et aux conditions climatiques »
- Selon Morel (1989a), « la fertilité d'un sol répond de la facilité avec laquelle la racine peut, en quantités suffisantes, bénéficier dans ce sol des différents facteurs de la croissance végétale : chaleur, eau, ensemble des éléments chimiques nécessaires à la plante, substances organiques de croissance ». Cette définition implique d'une part, l'existence ou la production dans le sol d'éléments nutritifs, d'autre part le transfert à la plante de ces éléments (Morel, 1989b).
- Selon Soltner (1986), définit la fertilité d'un sol comme étant la résultante de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Ces propriétés résultent elles-mêmes des interactions entre les milieux humains, naturels et techniques.

La fertilité du sol résulte donc de la combinaison et de l'interaction des propriétés chimiques, physiques et biologiques, qui donnent au sol sa capacité à nourrir les cultures pour produire en quantité et en qualité de manière durable et, permettent aussi l'autonomie des systèmes de production.

### **1.1. Fertilité chimique**

C'est l'aptitude du sol à fournir des éléments nutritifs en quantité suffisante à l'élaboration du rendement des plantes et fourrages. Elle est aussi relative à la nutrition minérale des végétaux *via* les concepts de biodisponibilité des éléments, de carences, de toxicités et d'équilibres (Abbott et Murphy, 2003). Les éléments chimiques sont constitués par les éléments nutritifs de réserve contenus dans la matrice solide et les éléments d'échange ou labiles adsorbés à la surface du complexe argile-humique (Sebilotte, 1989).

### **1.2. Fertilité biologique**

La fertilité biologique du sol joue un rôle fondamental dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante. C'est la capacité des organismes (micro-organismes, faune et racines) qui vivent dans le sol à contribuer aux besoins nutritionnels des plantes, tout en maintenant les processus biologiques qui contribuent positivement à l'état physique et chimique du sol (Abbott et Murphy, 2003).

Dans le sol, l'activité biologique contrôle des processus importants qui déterminent sa fertilité à travers la vitesse de décomposition, de minéralisation, de dénitrification et/ou de lixiviation. Une étroite relation existe entre l'activité microbienne et la teneur en eau du sol. Ainsi, au niveau de chaque sol, en fonction principalement de sa texture et de sa teneur en matière organique, un seuil critique de la teneur en eau en dessous duquel les processus biologiques tels que les taux de diffusion de l'oxygène et des éléments nutritifs sont inhibés (Sebilotte, 1989).

### **1.3. Fertilité physique**

C'est la capacité du sol à fournir des conditions physiques qui supportent la productivité, la reproduction et la qualité de la plante, sans conduire à la perte de la structure du sol ou son érosion et maintenir les processus biologiques et chimiques du sol (Abbott et Murphy, 2003). En somme les propriétés physiques les plus importantes d'un sol concernent la structure, la porosité, la capacité de rétention en eau ou la perméabilité (Scholes et *al.*, 1994).

## 2. Effet des matières organiques sur les propriétés des sols

De nombreuses études ont mis en évidence l'importance fondamentale de la matière organique dans la durabilité de la fertilité des sols et, donc pour une production agricole durable. En effet, l'incorporation au sol de matière organique, permet d'entretenir, voire d'enrichir le stock de matière organique du sol, améliorant ainsi les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol favorisant la fertilité des sols. Cependant, son influence sur les propriétés du sol dépendra de la quantité et du type de matière organique ajoutée et de leur degré d'évolution, c'est-à-dire le processus d'optimisation et de maturité (Delas et Molot, 1983 ; Villain, 1989).

### 2.1. Origine de la matière organique

La matière organique présente au incorporée dans le sol a été subdivisée selon son origine en sept principales catégories (Loison et Niogret *in* Bensid ,1996):

- Débris végétaux (litières).
- Résidus de culture.
- Bio faune du sol.
- Micro-organismes (bactéries – champignons).
- Pluvio-lessivats.
- Exsudats racinaires.
- Apports effectués par l'homme, épandage, lisier, fumier de bovins, fientes de volailles, guano des oiseaux marins et de chauve-souris, compost, boues résiduaires et divers amendements organiques (résidus de récolte – engrais vert....).

### 2.2. Action de la matière organique sur les propriétés physique du sol

Selon plusieurs auteurs (Duthil, 1973, Soltner, 1988, Balesdent, 1996), les effets des matières organiques appliquées aux sols se manifestent sur différentes propriétés physiques notamment :

- Une augmentation de la capacité du sol à retenir l'eau.
- Une augmentation de l'aération du sol.
- Une augmentation de la résistance du sol à l'érosion éolienne et hydrique. Elle atténue le choc des gouttes des pluies et permet à l'eau pure de s'infiltrer lentement dans le sol ; l'écoulement en surface et l'érosion sont ainsi réduits.
- Une augmentation de la résistance du sol à la compaction par des machines agricoles.
- Une réduction des pertes d'effets fertilisants dues aux différentes migrations.
- Une augmentation de la formation d'agrégats stable et une bonne stabilité structurale.

### **2.3. Action de la matière organique sur les propriétés chimiques du sol**

Les matières organiques agissent sur la fourniture et la disponibilité des éléments minéraux à l'égard des plantes ainsi que sur la capacité d'échange cationique du sol.

Les éléments nutritifs seront disponibles aux plantes selon les phénomènes suivants :

- Les matières organiques subissent une fermentation en libérant dans le sol le CO<sub>2</sub> qui va solubiliser ces éléments à partir des minéraux du sol.
- L'eau va entraîner les composés solubles en libérant les éléments qu'il renferme, en plus de leur action solubilisatrice sur les composés minéraux.
- Les complexes « organo minéraux » formés à la suite d'apports de matières organiques augmenteront la capacité d'échange cationique du sol, c'est à dire le nombre de sites où les plantes peuvent puiser leurs éléments nutritifs (Villain 1987).

### **2.4. Action de la matière organique sur les propriétés biologiques du sol**

L'activité biologique d'un sol est au même titre que ses propriétés physiques et chimiques, est déterminante sur sa productivité (Mustin, 1987). En fait, la plupart des avantages d'ordres physiques et chimiques sont liés à l'activité biologique du sol puisque ces nombreux avantages résultent principalement de l'action des micro-organismes sur la matière organique, la décomposition de cette dernière aboutit aux sous produits suivants:

- Substances nutritives (organiques et inorganiques) pour les plantes.
- Gommés microbiennes.
- Hormones de croissance végétale (phytohormones).
- Antibiotiques.

## **3. Généralités sur Le guano**

Le guano correspond aux excréments séchés de plusieurs espèces de chauves-souris et d'oiseaux marins. Certains indigènes au Pérou et au Chili ont utilisé les dépôts épais d'excréments d'oiseaux de mer, qu'ils ont appelés "*wanu*", ou "*huanu*", pour fertiliser leurs récoltes. Bien que la valeur du guano comme engrais ait été connue en Europe à partir du début des années 1600, son exploitation commerciale n'a commencé qu'aux années 1840 (Foster et Clark, 2009).



**Figure 1** : Le chauve souris (*Rhinolophus hipposideros*)

Les quantités d'éléments nutritifs présents dans les produits commerciaux à base de guano peuvent varier considérablement en fonction du régime alimentaire des oiseaux ou des chauves-souris. Les oiseaux marins consomment beaucoup de poisson; selon l'espèce, les chauves-souris peuvent prospérer en se nourrissant d'insectes et de fruits. L'âge du dépôt source est également un facteur important. Le guano peut en effet être frais, semi fossilisé ou fossilisé (Anon, 2000). Un bref examen de plusieurs produits commerciaux a fourni les résultats d'analyses (Tableau I).

**Tableau I** : Teneurs en NPK par type de guano Commercialisé (Anon, 2000).

Type de guano	Teneurs (%) en NPK
Chauve-souris du désert	8 - 4 - 1,0
Chauve-souris de grotte, barre sèche	3 - 10 - 1,0
Oiseau marin, fossilisé	1 - 10 - 1,0
Oiseau marin, Pérou, bouleté	12 - 12 - 2,5
Oiseau marin, Old Thyme	13 - 8 - 2,0
Chauve-souris, Jamaïque	1 - 10 - 0,0
Oiseau marin, Pérou	11 - 13 - 3
Chauve-souris, Jamaïque	3 - 8 - 1,0

En tant que source d'éléments nutritifs, le guano est jugé modérément disponible, comme la plupart des fumiers. Parfois qualifié d'engrais « à toute épreuve », le guano est présenté comme une matière non nocive qui ne brûle pas les plantes.

Keleher (1996) indique que les guanos seraient riches en micro-organismes capables de bio remédiation, c'est-à-dire de participer à la décontamination des sols. Néanmoins, il peut véhiculer une maladie humaine grave, l'histoplasmose, causée par le champignon *Histoplasma capsulatum*. Les symptômes ressemblent à ceux de la grippe pour les cas bénins et à ceux de la pneumonie pour les cas graves. Chez les personnes immunodéprimées, les

complications de l'histoplasmosse peuvent entraîner la mort (Greenhall, 1982; Garry K. ; 1994; Anon, 1997).

### 3.1. Utilisation du Guano de chauve-souris comme engrais

Le guano est considéré comme un engrais et non comme un amendement humifère. En effet, ses fortes teneurs en cendres et en azote, comparables à celles des fientes de poulet, peuvent avoir une action directe sur la croissance des plantes et à ce titre remplacer les engrais ammoniacaux (Dutoit et Leboulenger, 1992).

Les analyses physico-chimiques (tableau II) montrent que le guano de chauves-souris est très riche en éléments fertilisants, surtout en matière organique. Cependant, à la lecture du tableau ci-dessus, on peut s'apercevoir que la composition du guano diffère selon les espèces de chauve-souris notamment pour le taux en potassium ou les phosphates (Roué, 2003).

Par ailleurs, le guano présente également des inconvénients, à savoir, une acidité relativement forte qu'il faudra corriger sous peine d'altérer le complexe d'échanges cationique par acidification de la solution du sol. Cette correction peut prendre la forme d'un apport de chaux éteinte à raison de 2kg pour 3 m<sup>3</sup> pour du guano non frais. La libération du calcaire de la chaux fera remonter le pH mais apportera aussi des éléments minéraux (Ca, Mg) qui manquent au guano.

**Tableau II** : composition minérale du guano selon les espèces de chauve-souris (Roué, 2003)

Teneurs moyennes (en %)	MO (Matière Organique)	N (Azote total)	Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potassium (K <sub>2</sub> O)	pH
<b>Chauves-souris</b>					
Guano de minioptères de schreibers (humbert et Moretin,1857)		8.035			
Guano de chauve-souris (humbert et Moretin,1857)	62.65	8.18			
guano de chauve-souris (humbert et Moretin, 1857)	66.14	9.03			
Guano de grand murin (Indrenature-Inra ,1991)	59.6	9.8		17.8	6.2
Guano de grand rhinolophe et Murin à oreilles échancrées (Dutoit et Leboulenger, 1992)	77.6	6.3	3.4	3	5
Guano de chauve-souris (la Belgique-la main verte, 2003)		6	15	3	

#### 4. Généralités sur les légumineuses

Les légumineuses sont des plantes à fleurs de la famille des *Leguminosae*. Cette famille est également connue sous le nom de *Fabaceae*, et les deux termes peuvent être utilisés indifféremment pour indiquer les quelques 690 genres et 18000 espèces (Morris, 2003). La famille des Légumineuses est classée en trois sous-familles: *Papilionoideae*, *Caesalpinioideae*, et *Mimosoideae*. Chaque sous-famille est identifiée par ses fleurs.

Les légumineuses comestibles sont principalement dans la sous-famille des *Papilionoideae*. Cela comprend le soja, le pois chiche, le haricot et le pois. D'autres membres moins connus de la famille des légumineuses comprennent le trèfle, les lentilles et l'arachide (Morris, 2003).

##### 4.1. Rôle et importance des légumineuses

L'intérêt des légumineuses est double. D'une part, elles possèdent un taux de protéines élevé (17 à 25%, voire 35% à 44% pour le soja et le lupin). Elles tiennent ainsi un rôle important dans notre alimentation humaine. En effet, dans beaucoup de pays, elles remplacent les protéines animales. D'autre part, elles fixent l'azote de l'air et, à ce titre, sont très avantageuses pour les agriculteurs qui ont toujours dû courir après son azote (Pointereau, 2001).

**Tableau III:** Teneurs en protéines de quelques plantes alimentaires (Pointereau, 2001)

Espèces	Teneur en protéine en %
<u>GRAMINEES</u>	
Riz	8.0
Maïs	9.5 (12 à 15% pour les maïs cultivées par les indiens)
Orge	11.5
Blé	12.1
Avoine	13.0
<u>LEGUMINEUSES</u>	
Haricot	20.2
Fèves	23.4
Lentilles	24.5
Soja	35.0
Lupin	44.5

#### 4.2. La fève (*Vicia faba* L.)

La fève (*Vicia faba* L.) est la légumineuse à grains principalement cultivée pour la consommation humaine et l'alimentation des animaux dans beaucoup de pays développés et les pays en voie de développement particulièrement dans l'Asie occidentale et en Afrique du Nord (Maatougui, 1996) .

La fève (*Vicia faba* L.), est une plante annuelle portant une forte touffe de hautes tiges. Ses feuilles composées sont gris-vert, ses fleurs blanches sont suivies de gousses vertes noircissant à maturité. Ces gousses contiennent 4 à 8 graines (selon la variété). Elles sont riches en protéine, en magnésium, en potassium, en calcium, en vitamines C, B et E ainsi qu'en fibres (elles favorisent le transit intestinal). Les fèves sèches apportent des glucides lents, et sont cinq fois plus énergétiques que les fraîches (Hanafy et al., 2005).

#### 4.3. Classification de *Vicia faba* L.

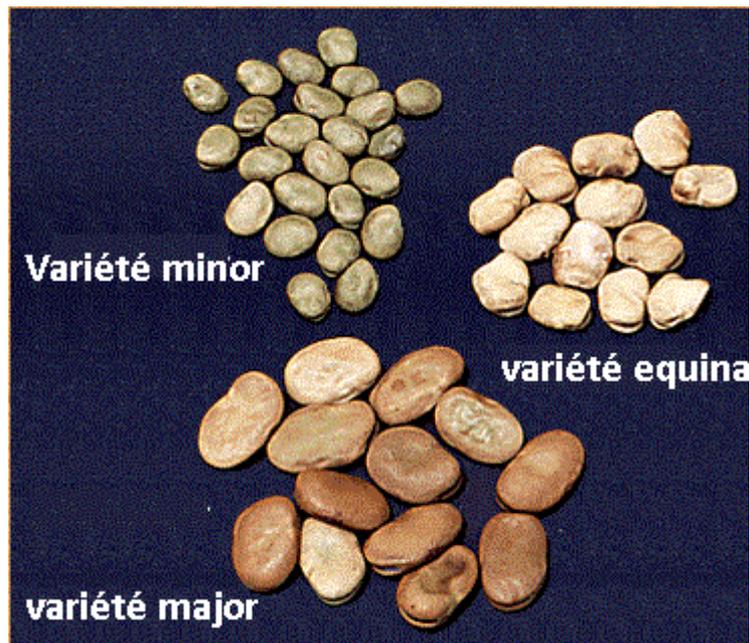
Selon la classification adoptée par Natural resource conservation service (USDA), *Vicia faba* L. est classée comme :

Classification
<b>Règne :</b> Plantae - Plantes
<b>Sous –Règne :</b> Tracheobionta –plantes Vasculaires
<b>Superdivision :</b> Spermatophyta – plantes à graines
<b>Division :</b> Magnoliophyta – plantes à fleurs
<b>Classe :</b> Magnoliopsida – Dicotyledones
<b>Sous classe :</b> Rosidae
<b>Ordre :</b> Fabales
<b>Famille :</b> Fabaceae
<b>Genre :</b> <i>Vicia</i>
<b>Espèce :</b> <i>Vicia faba</i> L.

#### 4.4. Variétés de *Vicia faba* L.

D'après Gallais et Bannerot (1992), les fèves et fêveroles sont des cultivars d'une même espèce, *Vicia faba* L. D'après la grosseur de la graine, on peut distinguer les sous-espèces suivantes (figure 2):

- *Vicia faba major* (la fève proprement dite à gros grains), fève maraichère destinée à la consommation humaine.
- *Vicia faba minor* (la petite fève ou féverole à petits grains), utilisée pour l'alimentation du bétail.
- *Vicia faba equina* (la fève à cheval à grains moyens, aussi appelée féverole ou févette dans certaine région), comme son nom l'indique elle également destinée à l'alimentation du bétail.



**Figure 2** : les variétés de *Vicia faba*

# **Chapitre II**

## **Matériels et Méthodes**

## 1. Matériel

### 1.1. Le sol

Le sol utilisé dans l'expérimentation a été prélevé dans une parcelle non cultivée, située dans la commune de Henchir Toumghani (Latitude Nord : 35°56'05.79'' ; Longitude Est : 6°43'48.77'' et à une altitude moyenne de 2.34 Km) de la wilaya d'Oum El Bouaghi. Cette zone est située dans le Nord-Est de l'Algérie au milieu d'une région montagneuse bordée à l'Est par la ville d'Ain Fakroun, à l'Ouest par la ville d'Ain Kercha, au Nord par la montagne de Garioun et au Sud par la montagne de Hada Baira. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride chaud en été et froid en hiver, avec des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 282 ,5 mm (Zair, 2009).

Avant son utilisation, le sol a été prélevé sur différents points de la parcelle suivant les diagonales sur une profondeur de 20 cm. Les échantillons sont ensuite mélangés pour constituer un sol homogène pour analyse.

### 1.2. Le guano

Le guano utilisé pour l'expérimentation est principalement composé des excréments de chauve-souris se présentant sous forme d'un produit brun-noirâtre, parfois luisant. Il a été prélevé de la grotte d'Aokas, située dans la wilaya de Bejaia et dont les coordonnées géographiques sont : Latitude Nord : 36°38'42.69'' ; Longitude Est 5°13'42.46''.

### 1.3. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de semences de fève ( *Vicia faba* var. *minor* ), plante appartenant à la famille des légumineuses, largement cultivée et consommées comme légume. Ces graines nous ont été fournies gracieusement par un agriculteur de la région de Timezrit (Bejaia).



**Figure 3** : les différents échantillons utilisés dans l'étude (A : le sol, B : Le guano, C : graines de *Vicia faba* var. *minor*)

## 2. Méthodes

### 2.1. Analyses physico-chimiques du sol et du guano

Avant toute analyse, le sol et le guano ont subi d'abord, un séchage à l'air libre pendant plusieurs jours, ensuite le sol est soumis à un tamisage à travers un tamis de 2mm de diamètre. Les fractions fines obtenues sont conservées dans des boîtes en plastiques et ont subi des analyses dans le but de définir leurs caractéristiques physico-chimiques.

#### 2.1.1. Les Analyses physiques

##### 2.1.1.1. Mesure de l'humidité résiduelle

Les échantillons frais de sol sont placés dans des boîtes métalliques et mis à l'étuve après avoir été pesées. Après une durée de 24 heures, à une température de 105°C, ces échantillons sont à nouveau pesés, et le pourcentage d'humidité résiduelle est donné par la formule suivante :

$$\%H = \frac{P1 - P2}{P2 - P3} \times 100$$

(Avec : **P1** : Poids frais ; **P2** : Poids sec ; **P3** : Poids de la tare vide.)

##### 2.1.1.2. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique, ou texture du sol, a pour but de déterminer quantitativement la distribution des particules de sol par classes de diamètres selon l'échelle d'Atteberg.

La texture du sol est déterminée par la méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette de Robinson. Cette méthode est basée sur la destruction de la matière organique du sol par une attaque à l'eau oxygénée (20 volumes), d'abord à froid, puis en chauffant au bain de sable, puis dispersions des ions enrobant les particules par l'hexamétaphosphate de sodium (40g/l) sous agitation. Les éléments les plus fins : argiles ( $\varnothing < 2\mu\text{m}$ ) et limons fins ( $2\mu\text{m} < \varnothing < 20\mu\text{m}$ ) sont prélevés à la pipette Robinson au cours de la sédimentation suivant la loi de Stokes ; alors que les limons grossiers ( $20\mu\text{m} < \varnothing < 50\mu\text{m}$ ), les sables fins ( $50\mu\text{m} < \varnothing < 200\mu\text{m}$ ) et les sables grossiers ( $200\mu\text{m} < \varnothing < 2000\mu\text{m}$ ) sont séparés par tamisage. La classe texturale du sol a été définie à l'aide du triangle de textures USDA (Figure 4).

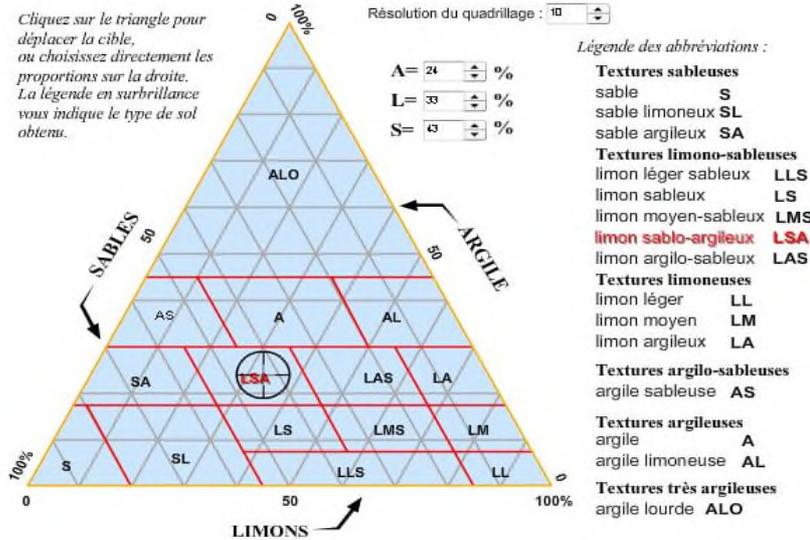


Figure 4 : Triangle de texture de sol (USDA)

### 2.1.1.3. Le pH

#### - $pH_{\text{eau}}$ (acidité actuelle)

C'est la quantité d'ions  $H^+$  libres d'une suspension sol/eau. Les ions  $H^+$  libres de la suspension sont en équilibre avec les ions  $H^+$  fixés sur le complexe d'échange.

Le  $pH_{\text{eau}}$  a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre à électrode de verre préalablement étalonné, sur 10 g de sol ou 5g de guano dans 20 ml d'eau déminéralisée après 30 minutes d'agitation sur un agitateur rotatif.

#### - $pH_{\text{KCl}}$ (acidité potentielle)

Elle correspond à la concentration en hydrogène [ $H^+$ ] du sol obtenu après ajout de chlorure de potassium (KCl). Le KCl a pour effet de chasser les  $H^+$  fixés sur le Complexe Argilo-humique, ce qui permet de déterminer l'acidité totale ou acidité de réserve du sol.

Le  $pH_{\text{KCl}}$  a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre à électrode de verre préalablement étalonné, sur 10 g de sol ou 5g de guano dans 20 ml d'une solution de KCl (1M) après 30 minutes d'agitation sur un agitateur rotatif ajusté à 180 tours/min.

### 2.1.1.4. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) d'un sol renseigne sur sa teneur globale en sels dissous. Elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre, après calibrage de l'électrode à une température de 25°C, sur un extrait aqueux dont le rapport sol/eau égal à 1/5.

## 2.1.2. Les analyses chimiques

### 2.1.2.1. Dosage de calcaire total

On utilise la propriété du carbonate de calcium de se décomposer sous l'action d'un acide fort (HCl dilué au demi) en eau et CO<sub>2</sub>. Le volume de CO<sub>2</sub> dégagé est mesuré dans un tube gradué étanche, par la variation de niveau d'une colonne d'eau.

La réaction est la suivante :  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Le calcaire total du sol est déterminé au moyen du calcimètre de Bernard, préalablement étalonné avec des quantités connues de CaCO<sub>3</sub>. Le volume de CO<sub>2</sub> dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate présent dans le sol. La teneur en carbonates, exprimée en %, est donnée par la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3 (\%) = \frac{P_x v}{p_x V} \times 100$$

Avec :

**P** : poids de CaCO<sub>3</sub> utilisé pour l'étalonnage

**p** : poids de la prise d'essai de sol

**V** : volume de CO<sub>2</sub> dégagé par le poids d'échantillon de sol

**v** : volume de CO<sub>2</sub> dégagé par le poids de CaCO<sub>3</sub>.

### 2.1.2.2. Dosage de calcaire actif

Le calcaire actif correspond à la partie la plus fine du calcaire total du sol (< 50 µm), facilement solubilisées par les eaux riches en CO<sub>2</sub>.

La réaction est la suivante :  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$  (soluble).

Le calcaire actif est déterminé par la méthode Drouineau-Galet, basée sur la propriété que possèdent les oxalates de se combiner à certains cations, pour former des sels insolubles, faciles à isoler. On utilise, ici, l'oxalate d'ammonium qui se combine au calcium du calcaire actif, pour former de l'oxalate de calcium insoluble. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium de titre connu en milieu sulfurique.

### 2.1.2.3. Dosage de l'azote total

Les teneurs en azote total du sol et du guano sont déterminées par la méthode de Kjeldahl.

La mesure de l'azote total est basée sur la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal. L'échantillon subit une minéralisation par l'acide sulfurique concentré, à chaud, et en présence d'un mélange catalyseur (Sélénium, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et CuSO<sub>4</sub>). L'azote obtenu sous forme de sulfate d'ammonium est neutralisé par NaOH (40%), puis distillé dans un appareil de distillation (VELP, UDK 142). L'ammoniac entraîné par la vapeur d'eau est fixé par

l'acide borique (4%) et titré à l'aide d'une solution d'acide sulfurique de titre connu (N/50) et en présence de l'indicateur de Tashiro.

#### **2.1.2.4. Dosage du Carbone organique**

Le dosage de carbone de guano et de sol est réalisé selon la méthode Anne modifiée. Le carbone de la matière organique est oxydé, à chaud, par un mélange de bichromate de potassium (8%) et d'acide sulfurique concentré. L'excès de bichromate résiduel est titré par le sel de Mohr (0,2N).

Le taux de MO est calculé par la formule suivante :  $\%MO = \%C \times 1.72$ .

#### **2.1.2.5. Dosage de phosphore assimilable**

La méthode utilisée est celle d'Olsen et *al.*(1954). Le phosphore du sol, bio-disponible pour la plante, est extrait par une solution de bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$  0,5 M ; pH 8,5), en présence de charbon actif. Après agitation de 30 minutes, la solution est filtrée dans une fiole jaugée de 50 ml. Les teneurs du phosphore sont déterminées par la méthode colorimétrique basée sur les propriétés du molybdate d'ammonium qui, en milieu acide et en présence de phosphore, donne un complexe phosphomolybdate coloré en jaune qui après sa réduction par  $\text{SnCl}_2$  vire en coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la quantité du phosphore présente dans le milieu. Il est alors dosé par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 660nm. Les teneurs en P des échantillons sont déterminées à partir d'un courbe étalon établi à partir d'une solution de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  renfermant 2 ppm de P (Annexe 3).

#### **2.1.2.6. Capacité d'échange cationique**

La capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est la quantité totale des cations que ce sol peut adsorber sur son complexe et échanger avec la solution environnante dans des conditions de pH bien définies. Elle est déterminée par la méthode de Metson qui comprend trois étapes :

- Extraction des cations échangeables ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ...). L'échantillon est d'abord saturé en ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) par percolations successives d'une solution d'acétate d'ammonium (1M ; pH7). Le pouvoir tampon de cette dernière permet de ramener le pH du milieu aux environs de 7, ce qui constitue une des caractéristiques essentielles de cette méthode.
- Après avoir éliminé l'excès d'ions ammonium par percolations à l'éthanol 96°, on procède ensuite à leur échange par une solution de chlorure de potassium (1M).

- Les ions ammonium déplacés par la solution du KCl par entraînement à la vapeur d'eau grâce à l'appareil de distillation (VELP UDK 142), sont dosés par la méthode Kjeldahl décrite précédemment.

#### 2.1.2.7. Dosage des cations échangeables ( $Ca^{2+}$ ; $Mg^{2+}$ ; $K^+$ ; $Na^+$ ):

##### a- Dosage de Potassium et de Sodium

Les ions  $K^+$  et  $Na^+$  sont estimés par photomètre de flamme. Le principe de la mesure repose sur le fait qu'une partie des ions soumis à la chaleur de la flamme passent à un état excité. Le retour à l'état fondamental des électrons de la couche externe s'effectue avec émission d'une luminescence caractéristique de l'ion analysé. Cette luminescence sera détectée par une cellule photoélectrique qui le convertira en intensité. L'intensité de l'émission est proportionnelle au nombre d'atomes retournés à l'état initial. La lumière émise est donc proportionnelle à la concentration de ces éléments.

A l'aide d'une gamme de solutions de potassium ou de sodium de concentrations connues, on peut établir des courbes d'étalonnage sur lesquelles on détermine les teneurs de potassium ou de sodium contenues dans les échantillons (Annexe 1 et 2).

##### b- Dosage du Calcium et du Magnésium

Le dosage du calcium et du magnésium est fait par complexométrie qui repose sur la capacité que possèdent certaines molécules pour complexer des ions.

Au cours du dosage, un agent complexon (EDTA), capable de piéger les ions à doser, est peu à peu ajouté à la solution à doser. Lorsque tous les ions à doser sont piégés, un indicateur complexométrique change de couleur permettant de visualiser l'équivalence.

## 2.2. Effet du guano sur la croissance de *Vicia faba* L. var. *minor*

### 2.2.1. Déroulement de l'essai

L'expérimentation est menée au niveau de laboratoire de biologie des sols de la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Bejaia.

### 2.2.2. Préparation des pots

Les essais ont été réalisés dans des pots en plastique d'une capacité de 2 Kg, mesurant 12 cm de hauteur et dont les diamètres supérieurs et inférieurs sont respectivement de 14 cm et de 10 cm. Afin de laisser drainer l'eau en excès et prévenir l'asphyxie des plantules, le fond des pots a été perforé, puis tapissé de 300 g de gravier. Sur cette couche est déposé un film de plastique perforé pour retenir le sol.

### 2.2.3. Préparation des graines

Afin de réduire au maximum la variabilité des résultats due aux réserves des graines et d'éviter l'hétérogénéité de l'échantillon, 1000 graines de féverole triées en fonction de leur morphologie, leur taille et leur état sanitaire, sont réparties par classes de poids. L'histogramme de distribution pondérale (figure 5) nous a permis de retenir dans notre essai la classe de poids [0.51-0.60] la plus représentative et la plus restreinte possible pour l'ensemble du lot.

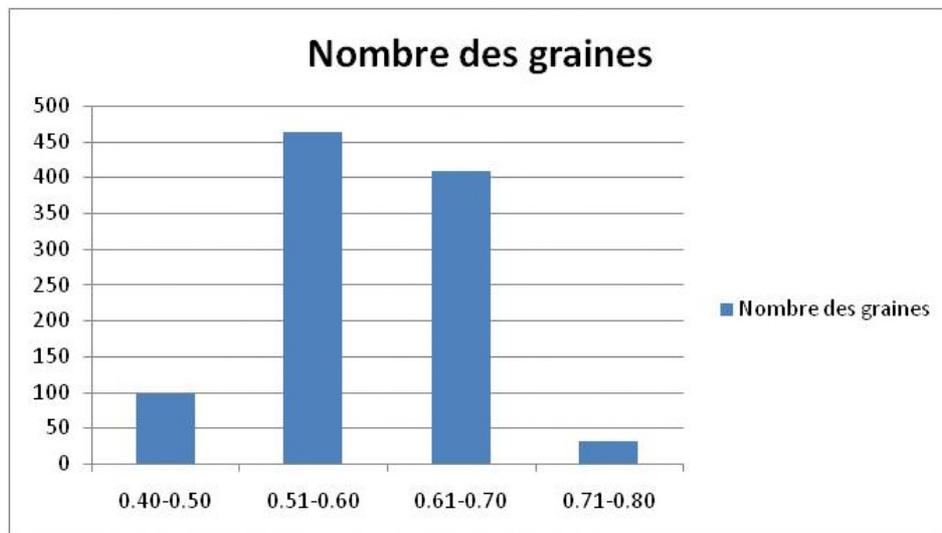


Figure 5: Répartition pondérale des graines de *Vicia faba* var. *minor*

### 2.2.4. Mise en germination des graines

Les graines de *Vicia faba* var. *minor* de la classe [0.51-0.60] sont désinfectées pendant 3 minutes à l'eau javel (5°), puis rincées abondamment à l'eau distillée stérile. Au dernier rinçage, les graines sont laissées gonfler pendant 24 heures, afin d'éliminer celles en mauvais état. Les semences qui flottent ont été écartées, seules jugées saines sont mises dans des boîtes de Pétri contenant du papier filtre humidifié avec de l'eau distillée stérile, et incubé à 25°C à l'obscurité jusqu'à apparition des radicelles (figure 6).



Figure 6 : Germination des graines de *Vicia faba* var. *minor*

### 2.2.5. Mise en place de l'expérimentation

Avant la mise en culture des plantes, le sol utilisé dans notre expérimentation a subi un tamisage afin d'éliminer toutes les particules caillouteuses et les débris végétaux. Le sol fin obtenu a été partagé en quatre quantités égales. Chaque série de sols reçoit une fertilisation organique représentée par des doses croissantes de guano notées par T0, T1, T2 et T3, ce qui correspond, dans un rapport guano/sol, à des quantités respectives de : 0% ; 0.8% ; 1.6% et 2.4% (p/p). Les quantités de guano correspondant aux doses retenues par le protocole sont soigneusement mélangées avec le sol pour réaliser une distribution uniforme de cet amendement. Le sol ainsi préparé est réparti dans des pots à raison de 1,3 Kg par pot.

#### 2.2.5.1. Repiquages des graines germées

Les plantules provenant des graines germées sont transplantées dans des pots à raison de 5 graines par pot à une profondeur de 2 cm avec un léger tassement, puis immédiatement arrosées à l'eau distillée.

#### 2.2.5.2. Conditions de culture

Les pots sont placés sur une paille sous les conditions de laboratoire et sous un éclairage supplémentaire fourni par le rayonnement de 2 lampes de 75w et une lampe de néon de 58 w. Après la levée, les pots sont éclaircis pour ne laisser que 3 plantules par pot.

Les pots sont arrosés chaque 3 jours pendant toute l'expérimentation en ramenant l'humidité de chaque pot à 70% de sa capacité de rétention par pesée.

#### 2.2.5.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un Bloc Aléatoire Complet (BAC) à 3 répétitions avec la dose de guano comme le seul facteur à 4 modalités (4 doses) : T0, T1, T2 et T3 (Figure 7).



Figure 7 : Dispositif expérimental

### 2.2.6. Paramètres mesurés

Après 30 jours de culture, les plantes de féverole sont déterrées soigneusement des pots, séparées en parties aériennes (feuilles et tiges) et en racines. Afin d'éliminer le sol, les racines ont été bien lavées avec de l'eau, puis épongées entre deux papier filtre.

Pour évaluer l'effet de différentes doses de guano sur la croissance de *Vicia faba*, nous avons procédé à des mesures morphologiques (les longueurs, les poids frais et secs des parties aériennes et racinaires du végétal et la surface foliaire) et aussi à des mesures des paramètres de la nutrition minérale (les teneurs en N, P, K des parties aériennes et racinaires du végétal). Trois mesures ont été faites pour chaque traitement aux différentes doses appliquées.

#### 2.2.6.1. Mesures des paramètres morphologiques

##### a- Détermination des longueurs

La hauteur des tiges a été mesurée à l'aide d'une règle graduée, à partir du sol jusqu'à la pointe des feuilles. Le développement racinaire a été également mesuré à la fin des expérimentations à l'aide d'une règle graduée.

##### b- Détermination des poids frais et secs

Le poids frais (PF) des parties aériennes et des racines a été immédiatement déterminé par pesée après la récolte. Elle consiste à couper la feuille et à la peser immédiatement. Tandis que, le poids sec (PS) a été déterminé après dessiccation à l'étuve à 65°C, pendant 48 heures.

##### c- Détermination de la matière sèche

Le taux de matière sèche (MS) est calculé selon la formule suivante :  $(PS/PF) \times 100$

##### d- Détermination de la surface foliaire

Pour déterminer la surface foliaire, des feuilles (au stade 4 foliaires) ont été coupées de chaque pot, puis placées sur un papier absorbant bleu mouillé de surface connue et photographiée à l'aide d'une caméra à haute résolution. La surface foliaire de chaque feuille a été mesurée à l'aide de logiciel Asses 2.0. (Figure 8)

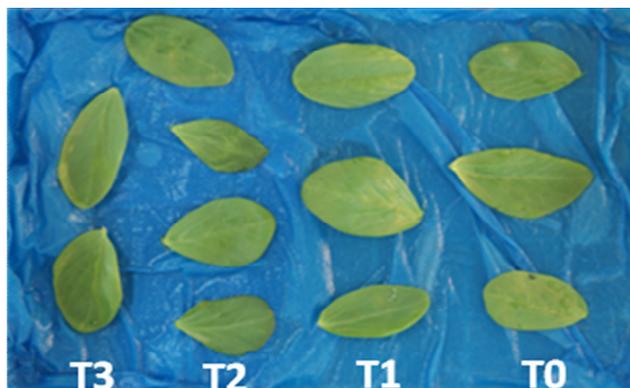


Figure 8 : Photo des feuilles prises pour la mesure de la surface foliaire

### 2.2.6.2. Mesures des paramètres de la nutrition minérale

Après dessiccation, les échantillons des parties aériennes (feuilles et tiges) et racinaires sont réduits en poudre fine au moyen d'un mortier.

Après la minéralisation des poudres des feuilles et des racines dans un four à moufle à 500°C, les cendres sont solubilisées par HCl. Les extraits sont ensuite filtrés sur papier filtre sans cendre et complétés à 50 ml avec l'eau distillé. Les solutions mères obtenues sont conservées dans des fioles et donc prêtes pour le dosage des éléments minéraux suivants.

#### a- Dosage de l'azote total du végétal

Les teneurs en N total sont déterminés sur une prise d'essai de 100 mg de poudre végétale par la méthode Kjeldahl décrite précédemment.

#### b- Dosage des cations :

Les teneurs en P et K<sup>+</sup> sont déterminées sur échantillons calcinés avec dissolution des cendres à l'HCl. Ainsi, le K<sup>+</sup> est dosé par photométrie à flamme et le P par spectrophotométrie selon la méthode Olsen et *al.* (1954).

### 2.3. Traitement des données

Les données obtenues dans cette étude ont été traitées par une analyse de variance (ANOVA) à un seul facteur (doses de guano) qui correspond à 4 modalités (4 doses): T0, T1, T2 et T3. Cette analyse est effectuée par un logiciel XLSTAT 2009 (v 1.02) qui permet de vérifier si le facteur étudié a un effet ou non sur les variables mesurés comme le poids frais des parties aériennes et racinaires des plantes, la hauteur des tiges etc. Ces effets sont considérés comme significatifs quand le risque d'erreur ne dépasse pas 5%. Dans ce cas on admet qu'il existe des différences significatives entre les moyennes des traitements (doses) pris 2 à 2. Le test de Newman-Keuls ( $p \leq 0,05$ ) permet de savoir les moyennes qui diffèrent réellement lorsque l'analyse de variance révèle un effet. Il nous permet aussi d'utiliser les comparaisons multiples des moyennes pour constituer des groupes homogènes.

Par ailleurs, des tests de corrélations entre les paramètres morfo-physiologiques des plantes et les caractères physico-chimiques du sol ont été également réalisées.

# **Chapitre III**

## **Résultats et discussions**

### 3.1. Caractérisation physico-chimiques du sol

Les principales caractéristiques physico-chimiques du sol utilisé pour l'essai sont données par le tableau ci-dessous (Tableau IV).

**Tableau IV** : Résultats des analyses physico-chimiques du sol d'Oum El Bouaghi

Paramètres	Résultats
<b>Analyse chimique et physique</b>	
Humidité résiduelle (%)	17,0
pH (eau)	7,90
pH (KCl)	7,05
C (%)	0,61
MO (%)	1,05
N (%)	0,07
C/N	07,93
P (µg/100g de sol)	70,10
CaCO <sub>3</sub> (%)	29,80
Calcaire actif (%)	11,50
CE (µS/cm) à 25°C (1/5)	245,0
<b>Granulométrie</b>	
A (%)	23,85
Lf (%)	12,87
Lg (%)	20,80
Sf (%)	40,05
Sg (%)	02,43
Texture	Limono- Argilo-Sableux
<b>Le complexe absorbant (meq/100g de sol)</b>	
CEC	95,75
Ca <sup>2+</sup>	59,0
Mg <sup>2+</sup>	1,50
Na <sup>+</sup>	0,20
K <sup>+</sup>	0,20
<b>Couleur</b>	Marron (7,5YR 5/3)

Le sol étudié possède une humidité de 17%. Cette valeur correspond en principe à la capacité au champ, elle sert à déterminer la réserve en eau du sol en vue d'un calcul d'irrigation (Soltner ,1988).

La mesure du pH d'un sol permet de définir son état d'acidité ou d'alcalinité. Selon l'échelle établie par (Soltner ,1988), le sol d'Oum El Bouaghi, avec un  $pH_{eau}$  de 7,9 est considéré modérément alcalin.

L'analyse granulométrique décrit les proportion relatives des diverses tailles des particules solides du sol (argiles, limons et sables ), permet d'apprécier la perméabilité, la rétention en eau, l'aération et la capacité d'échange cationique (Baize,1988). D'après le triangle de texture (USDA,1954) et les résultats de l'analyse granulométrique (Tableau IV) indiquent que le sol d'Oum El Bouaghi a une texture limono-sablo-argileuse avec des proportion en argiles, limons et sables respctivement de 23.85% ; 33.67% et de 42.48%. Ce sol a une texture équilibrée, caractérisé par une capacité de rétention en eau et une CEC relativement élevées due à la présence d'argiles. De plus, avec des teneurs élevées en sables, ce sol présente une bonne perméabilité et une aération suffisante, il est est alors facilement drainé et facile à travailler.

Le carbone est faiblement représenté dans le sol. Selon le tableau V de la classification de Baize, (1988) qui montre les valeurs limites de la matière organique, le sol utilisé lors de l'expérimentation est pauvre car il contient que 1.05%.

**Tableau V** :Classification de la matière organique selon Baize (1988).

<b>Matière organique (%)</b>	<b>Type du sol</b>
0.5	Très pauvre
0.5-1.5	Pauvre
1.5-2.5	Moyennement pauvre
2.5-6	Riche
6-15	Très riche

La teneur en azote total du sol est faible ; elle est de 0.07%. Soltner (1988) considère que pour les sols cultivés des zones méditerranéens, les teneurs d'azote devraient être de l'ordre de 1 à 2%. Par contre, le P est présent en quantité très faible (70.1  $\mu g$  de P/100g de sol).

Le rapport C/N du sol, défini dans le projet PNUD/FAO Gui 72/004, est un indicateur sur le bon fonctionnement du sol. Les résultats des analyses montrent que la valeur C/N est inférieure à 10 (C/N=7.93), ce qui signifie que la matière organique évolue de façon satisfaisante dans ce sol.

La conductivité électrique (CE) des sols détermine leur degré de salinité. L'échelle de Durand (1983) (Tableau VI) a été utilisée pour indiquer la classe de salinité de l'extrait 1/5 du sol étudié. Les résultats de notre analyse montrent que le sol d'Oum El Bouaghi a une conductivité électrique de  $245\mu\text{S}/\text{cm}$  à  $25^\circ\text{C}$ , indiquant qu'il est non salé, par conséquent sa salinité n'a pas un effet néfaste sur le rendement.

**Tableau VI** : les classes de la conductivité électrique du sol (Durand, 1983)

Classe	CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à $25^\circ\text{C}$	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	Non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	Légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensibles au sel
Classe III	1000 à 2000	Salé	Diminution des rendements de la plus part des cultures
Classe IV	2000 à 4000	Très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	Extrêmement salé	Seules quelques cultures donnent des rendements satisfaisants

La CEC signifie la quantité maximale des cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol (habituellement 100 g) est capable de retenir (Soltner, 1988). Les analyses ont montré que le sol d'Oum El Bouaghi a une capacité d'échange cationique de  $95.75\text{meq}/100\text{g}$ . En se basant sur les valeurs du tableau VII, le sol d'Oum El Bouaghi présente une capacité d'échange cationique très élevée. Les teneurs en cations échangeables montrent une dominance de l'ion  $\text{Ca}^{2+}$  de la somme des bases échangeables, viennent ensuite les ions  $\text{Mg}^{2+}$ . Enfin, les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  sont présents en quantités très faibles.

**Tableau VII** : Interprétation des valeurs de CEC du sol

Valeur de la CEC meq/100g de sol	Interprétation
$\text{CEC} < 9$	Petit CEC
$9 \leq \text{CEC} \leq 12$	CEC moyenne
$12 \leq \text{CEC} \leq 15$	CEC assez élevée
$15 \leq \text{CEC} \leq 25$	CEC élevée
$\text{CEC} > 25$	CEC très élevée

(Source : programme d'interprétation LANO/CD de Basse Normandie)

Le calcaire total est présent en proportion relativement importante dans le sol (29.8%), avec une teneur en calcaire actif élevée (11%). En comparant les valeurs obtenues à celles signalées par Baize (1988), nous constatons que le sol d'Oum El Bouaghi est fortement calcaire.

### 3.2. Caractéristiques physico-chimiques du guano

Le tableau VIII présente les principaux caractères physico-chimiques du guano. Il ressort des résultats du tableau ci-dessous que le guano, avec des valeurs de  $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$  respectivement de 5.18 et 4.82, révèle un pH acide et une conductivité électrique très élevée ( $CE=10.21$  mS/cm à  $25^{\circ}C$ ), par conséquent il est fortement acide et salin par rapport au sol.

**Tableau VIII** : Résultats des analyses physico-chimiques du guano

Paramètres	Résultats
<b>Analyse chimique et physique</b>	
$pH_{(H_2O)}$	5,18
$pH_{(KCl)}$	4,82
CE (mS/cm à $25^{\circ}C$ )	10,21
C (%)	27,45
MO(%)	47,21
N(%)	3,54
<b>Le complexe absorbant (mg/100g de guano)</b>	
P	0,95
$K^+$	517,92
$Na^+$	155,42
$Ca^{2+}$	0,0
$Mg^{2+}$	0,0
<b>Couleur</b>	<b>Marron sombre</b>

Il renferme des teneurs élevées en matière organique ( $MO\% =$  de 47.21) avec un pourcentage élevé en azote ( $N\% =$  3.54). Le guano présente des concentrations relativement faibles en phosphore ( $9.57 \mu g/g$  de sol), pauvre en calcium et en magnésium. Par contre, il présente une richesse en potassium  $6.76$  meq/100g et en de sodium.

### 3.3. Effet du guano sur les paramètres morphologiques

Afin d'apprécier l'effet de guano sur la croissance de *Vicia faba*, nous avons mesuré certains paramètres morphologiques et des paramètres de la nutrition minérale après 30 jours de culture.

Le tableau IX synthétise les résultats des analyses statistiques mesurant l'effet du guano sur les différents paramètres morphologiques des plantes en fonction des traitements.

**Tableau IX** : Effet du guano sur les paramètres morphologiques

Traitements	Hauteur (cm/plante)		Poids frais (g/plante)		Poids secs (g/plante)		Matière sèche (%)	
	Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires	Parties aériennes	Parties racinaires
<b>T0</b>	<b>50,16<sup>a</sup></b> (*)	<b>13,66<sup>a</sup></b>	<b>2,67<sup>ab</sup></b>	<b>0,81<sup>a</sup></b>	<b>0,15<sup>c</sup></b>	<b>0,13<sup>a</sup></b>	<b>5,48<sup>c</sup></b>	<b>15,88<sup>a</sup></b>
<b>T1</b>	<b>48,25<sup>a</sup></b>	<b>18,88<sup>ab</sup></b>	<b>2,37<sup>b</sup></b>	<b>0,61<sup>b</sup></b>	<b>0,19<sup>b</sup></b>	<b>0,05<sup>b</sup></b>	<b>8,07<sup>ab</sup></b>	<b>7,68<sup>b</sup></b>
<b>T2</b>	<b>52,66<sup>a</sup></b>	<b>12,83<sup>ab</sup></b>	<b>2,94<sup>a</sup></b>	<b>0,64<sup>b</sup></b>	<b>0,22<sup>b</sup></b>	<b>0,06<sup>b</sup></b>	<b>7,41<sup>b</sup></b>	<b>9,75<sup>b</sup></b> <sup>c</sup>
<b>T3</b>	<b>50,67<sup>a</sup></b>	<b>11,61<sup>b</sup></b>	<b>3,04<sup>a</sup></b>	<b>0,57<sup>b</sup></b>	<b>0,26<sup>a</sup></b>	<b>0,06<sup>b</sup></b>	<b>8,58<sup>a</sup></b>	<b>10,92<sup>c</sup></b>

(\*) : Représente la valeur moyenne de 3 répétitions.

- Les moyennes suivies d'une même lettre dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes d'après la méthode de comparaison multiple de Tukey (HSD) au seuil ( $p < 0,05$ ).

Les résultats de l'ANOVA de la variable hauteur des plantes (annexe 4), nous donnent des valeurs de F non significatives. Par conséquent, on en conclut qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements pour le paramètre mesuré. Néanmoins, cette analyse révèle un effet des doses de guano sur la variable longueur des racines. En effet, la comparaison des moyennes des traitements pris 2 à 2 par le test de Tukey (HSD), montre que la croissance en longueur des racines la plus élevée est observée au niveau des plantes de féverole pour le traitement T0 ; alors que le traitement T1, T2 et T3 ont significativement diminué la taille des racines progressivement par rapport au témoin T0.

Par ailleurs, l'examen des résultats présentés dans le **tableau IX** montre que le guano, à des doses croissantes, a entraîné une augmentation significative du poids frais des plantules avec un taux variant de 10,1% à 13,8% respectivement pour les traitements T2 et T3, comparativement au témoin T0. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les doses d'application de guano sur le poids frais des parties racinaires. Par contre,

l'apport de guano à des doses croissantes a significativement diminué le poids frais des racines de : - 24,7% ; - 20,9% et -29,6% respectivement pour les traitements T1, T2 et T3, bien qu'aucune différence n'ait été observée entre les trois dernières doses.

Comme le montrent les résultats de ce même tableau, un effet positif dû à l'apport de guano est observé sur les poids secs des parties aériennes. De l'analyse des résultats de ce tableau, il ressort que les doses croissantes du guano ont permis aux plantes de féverole d'entraîner des augmentations significatives des poids secs des parties aériennes de : + 26,6% ; + 46,6% et +73,3% respectivement pour les traitements T1 ; T2 et T3 comparativement au témoin T0. En ce qui concerne les racines et comparativement au témoin T0, l'apport de guano à différentes doses, a provoqué généralement une réduction beaucoup plus drastique des poids secs racinaires de : - 61,5% et 53,% respectivement pour les traitements T1, T2 et T3.

Enfin, les résultats de l'ANOVA pour la variables matière sèche totale des parties aériennes des plantes de *Vicia faba minor*, nous révèlent un effet significatif du guano. En effet, l'analyse statistique des moyennes des traitements par le test de Tukey (HSD), confirme que seul le traitement T1 a donné le meilleur rendement en matière sèche des parties aériennes, alors que les autres traitements (T2 et T3) ont donné un rendement faible par rapport au témoin T0. Par ailleurs, une diminution significative de la matière sèche totale des racines des plantes de féverole a été observée pour les traitements T1 ; T2 et T3 par rapport au témoin (T0).

### 3.3.1. Effet du guano sur la surface foliaire

Les résultats de l'ANOVA portant sur la surface foliaire ont montré qu'il existe de différences hautement significatives entre les différents traitements (annexe 4).

La comparaison de l'ensemble des traitements par le test de Tukey a permis de classer les moyennes des traitements en 4 groupes (a, b, bc et c). L'analyse de la figure 8 révèle que, la surface foliaire la plus élevée est enregistrée avec le traitement T1 avec une augmentation significative de + 34,2% comparativement au témoin T0 (figure 9).

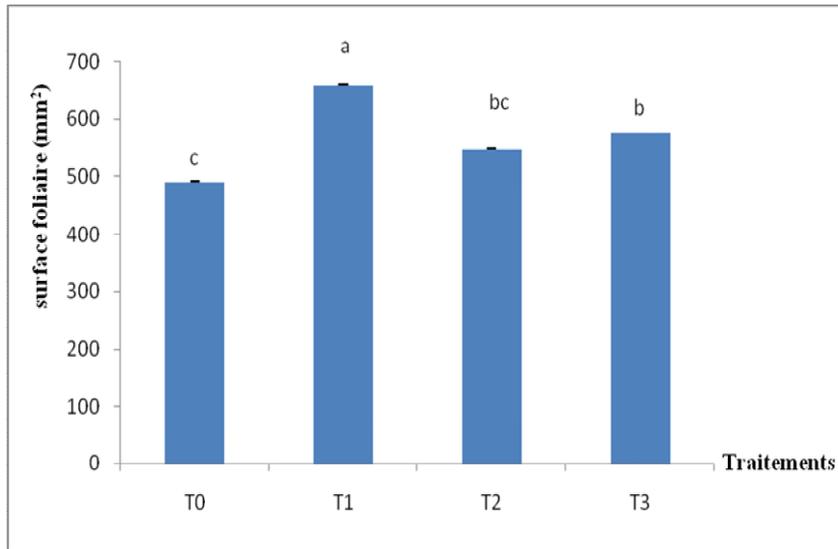


Figure 9 : effet du guano sur la surface foliaire

### 3.4. Effet du guano sur la nutrition minérale du végétal

#### 3.4.1. Teneurs en azote

Il apparaît sur la figure 10 que les teneurs en azote des parties aériennes de la féverole augmentent légèrement en fonction des doses du guano. Toutefois, les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il n'y a pas un effet significatif des traitements. En revanche, le test de Tukey montre que les valeurs élevées de l'azote des parties aériennes des plantes de féverole sont obtenues avec le traitement T3 avec une augmentation significative de 10,8% par rapport au traitement T0.

Par ailleurs, l'ANOVA a révélé un effet significatif du guano sur les teneurs azotées dans les parties racinaires qui est proportionnelle aux doses de guano avec un taux d'augmentation de 49.56%, 237.3% et 233.049% respectivement pour T1, T2 et T3 par rapport à T0.

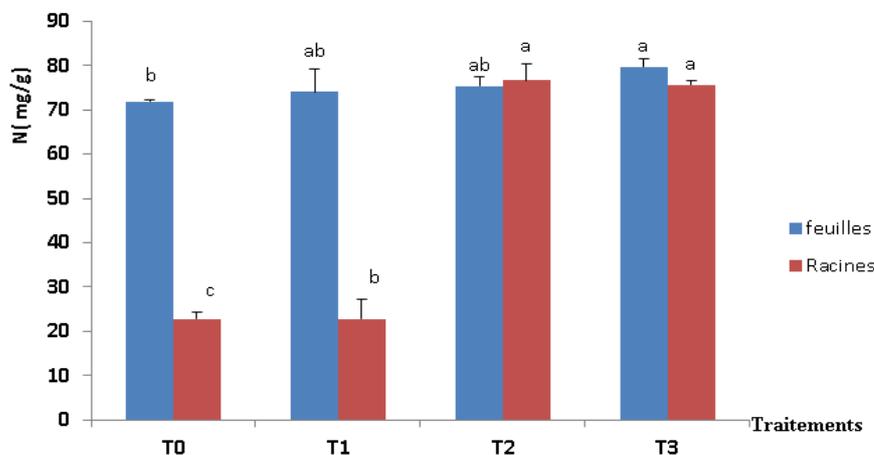


Figure 10 : effet du guano sur les teneurs en azote des plantes

### 3.4.2. Teneurs en phosphore

La figure 11 montre que le guano a un effet significatif sur les teneurs en phosphore des parties aériennes. En effet, l'ANOVA a révélé un effet hautement significatif du au traitement. La comparaison des traitements pris deux à deux par Le test Tukey HSD indique une augmentation hautement significative de teneurs en phosphore des parties aériennes, qui est proportionnelle à la dose croissante de guano, avec des augmentations de 58.69% ; 93.31% et 104.73% respectivement pour les traitements T1, T2 et T3 comparativement au témoin T0.

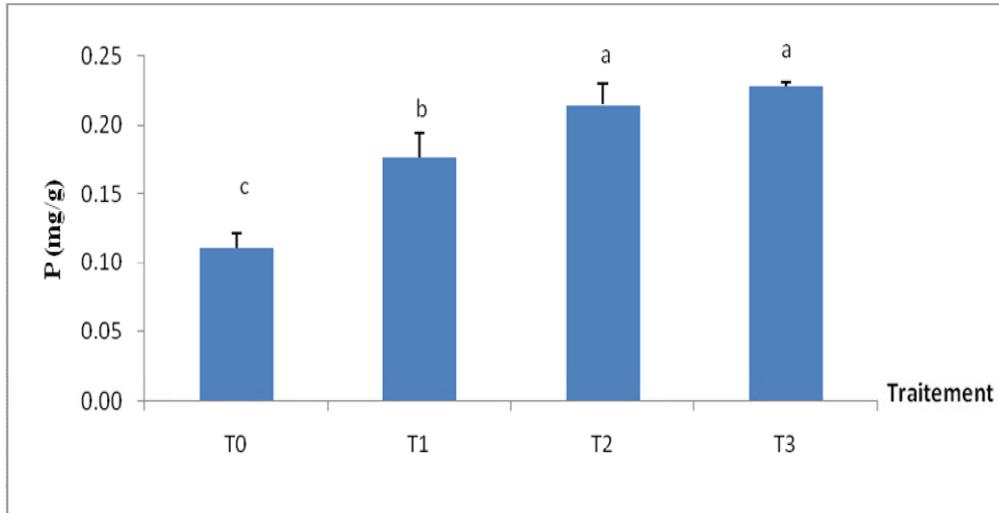


Figure 11 : effet du guano sur les teneurs en phosphore des parties aériennes des plantes

### 3.4.3. Teneurs en potassium

La figure 12 montre que le guano a un effet significatif sur le teneur de potassium des plantes.

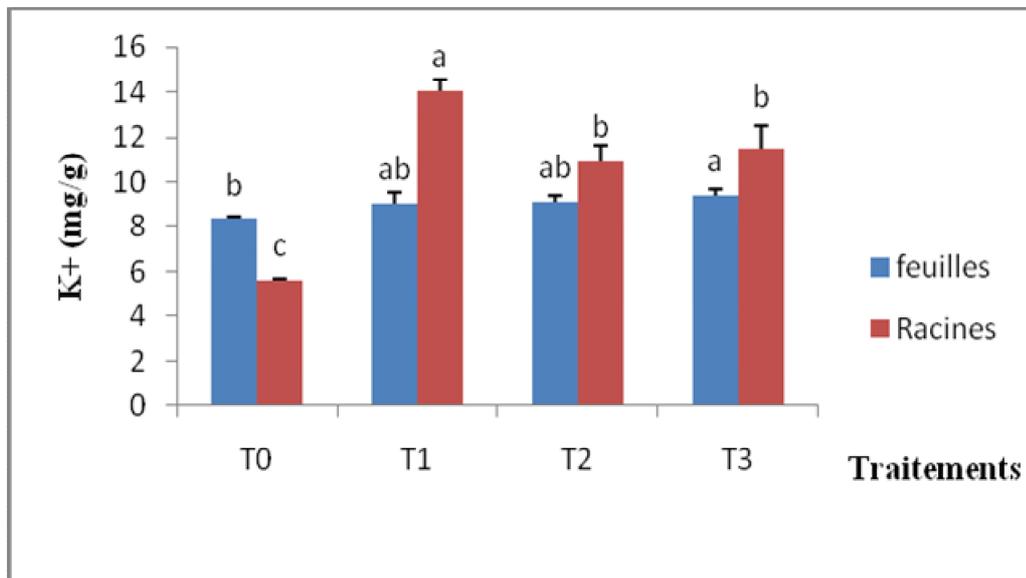


Figure 12 : effet du guano sur les teneurs en potassium des plantes

Dans les parties aériennes, l'analyse de variance a indiqué un effet significatif de traitement. Cependant la comparaison des moyennes par le test de Tukey a montré une augmentation significative de + 12.5% pour le traitement T3 par rapport à T0. Par ailleurs, la comparaison des moyennes a montré une augmentation significative des teneurs en potassium dans les parties racinaires, avec des teneurs significativement élevée (+149.7%) à T1.

### 3.5. Effet du guano sur les propriétés physico-chimiques du sol

Dans le but d'évaluer l'effet de guano sur les caractéristiques physico-chimiques des sols, nous avons mesuré, après la récolte des plantes de féverole, les paramètres suivants: le pH, CE, N%, MO% et C%. Les résultats des analyses sont consignés dans le tableau X.

**Tableau X:** Effet du guano sur les paramètres physico-chimiques des échantillons de sols

Traitements	N %	C %	MO %	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
T0	0,22 <sup>c(*)</sup>	0,94 <sup>c</sup>	1,61 <sup>c</sup>	1142,33 <sup>c</sup>	7,47 <sup>a</sup>
T1	0,23 <sup>c</sup>	1,35 <sup>b</sup>	2,32 <sup>b</sup>	1472,67 <sup>bc</sup>	7,35 <sup>ab</sup>
T2	0,36 <sup>b</sup>	1,56 <sup>ab</sup>	2,68 <sup>ab</sup>	1702,00 <sup>b</sup>	7,20 <sup>b</sup>
T3	0,42 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	2115,00 <sup>a</sup>	7,09 <sup>c</sup>

(\*) : Représente la valeur moyenne de 3 répétions.

- Les moyennes suivies d'une même lettre dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes d'après la méthode de comparaison multiple de Tukey (HSD) au seuil ( $p < 0,05$ ).

D'après le tableau X le guano a amélioré significativement les paramètres chimiques de sol. En effet, les teneurs en azote et en carbone de sol augmentent en fonction de la dose de guano. Par ailleurs, l'analyse de variance a montré un effet hautement significatif du traitement sur les paramètres physique (CE et pH). Concernant la CE, la comparaison des moyennes par le test de Tukey montre des différences significatives entre les traitements qui augmentent proportionnellement aux doses de guano. Les doses croissantes de guano ont entraîné des augmentations significatives de la CE des sols, ceci dû à la salinité très élevée du guano ( $\text{CE} = 10.21 \text{ mS/cm}^2$ ). Enfin, il y a lieu de remarquer que le pH de sol diminue significativement en fonction des doses de guano passant de 7.49 (légèrement alcalin) à 7.04 neutre.

### 3.6. Discussion

D'une façon générale, les paramètres morpho-physiologiques ainsi que les paramètres de la nutrition minérale des plantes de *Vicia faba minor* ont été améliorés par l'apport de guano à l'exception de la taille. Dans ce contexte, Thi et *al.* (2014) ont observé dans leur étude que l'application de Guano a amélioré la croissance des plantes de cinq légumineuses économiquement importantes, à l'exception de la hauteur des tiges chez *Medicago oleifera*. Selon le même auteur, toutes les cinq espèces végétales soumises au traitement par le guano de chauve-souris ont connu des augmentations plus importantes de la circonférence de la tige et de la hauteur par rapport au témoin. Trois des cinq espèces traitées avec le guano ont connu la plus forte croissance malgré leurs teneurs inférieures en N-P-K comparativement à l'engrais chimique.

De même, nous avons remarqué que le guano, apporté à une dose de 0.8% (traitement T1), a entraîné une nette amélioration aussi bien de la surface foliaire que les teneurs en potassium racinaire. Selon Shetty et *al.* (2013), le guano est préféré en fait d'être incorporé en quantités moindres pour une meilleure production de la récolte.

Par ailleurs, l'analyse minérale concernant la partie aérienne du *Vicia faba* montre que les plantes traitées par le traitement T3 ont enregistré des valeurs élevées d'accumulation des éléments minéraux N, P et K, suivi de celles traitées par le traitement T1 pour le K des parties racinaire et T2 pour le N racinaire.

De même, le guano apporté au sol comme amendement organique, a amélioré les caractéristiques physico chimiques de sol, en particulier les teneurs en N, la matière organique et le pH. En revanche, le guano a augmenté la conductivité électrique du sol, en conséquence sa salinité.

Il y a lieu de signaler que les variables hauteur, poids frais et secs sont fortement réduites dans les parties racinaires des plantes ayant reçues des doses croissantes de guano. Cette diminution serait due aux valeurs de CE élevées au niveau des sols amendés par le guano. La CE du substrat ayant servi à la culture de la féverole fluetue, selon les doses de guano utilisées, entre 1142.3 ; 14772.6 ; 1702.0 à 2115.0 mS/cm, respectivement pour les traitements T0 ; T1 ; T2 et T3 (Tableau IX). En effet, les résultats (Annexe 4), nous révèle qu'il existe une corrélation forte et négative entre la CE et les variables : hauteur des racines ( $r = - 0.704$ ), poids frais des racines ( $r = - 0.753$ ) et poids secs des racines ( $r = - 0.620$ ). Ces résultats indiquent que plus les quantités appliquées de guano sont importantes, plus nous

assistons à une augmentation de la CE du sol, parallèlement à une diminution de la hauteur, des poids frais et des poids secs des racines des plantes de *Vicia faba*.

Nos résultats corroborent ceux de M'sadak et *al.* (2011), qui ont signalé que la CE peut constituer une indication sur la disponibilité des éléments minéraux dans le milieu de culture. En effet, la teneur élevée en sels du guano affecte la croissance des végétaux en provoquant des brûlures aux racines. À cet égard, les plantes s'enracinent mieux dans un substrat contenant peu d'éléments nutritifs. Une valeur élevée représente une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption d'eau et d'éléments nutritifs par la plante (Comtois et Légaré, 2004).

Le guano des chiroptères est naturellement disponible, efficace à faible dose et facile à utiliser. En plus, il n'est pas néfaste pour la santé végétale, du sol et des consommateurs et il ne cause pas de pollution comme les engrais chimiques.

# **Conclusion**

## Conclusion

Le présent travail est consacré à l'étude de l'effet du guano des chiroptères sur la croissance et le développement des plantes d'une légumineuse cultivée et sur la fertilité du sol.

L'essai est mené dans des pots contenant le sol d'Oum El-Bouaghi, amendé avec le guano à des concentrations croissantes et cultivé par la féverole (*Vicia faba* var. *minor*).

Le sol d'Oum El-Bouaghi utilisé dans cette étude se caractérise par une texture limono-sablo-argileuse, riche en calcaire, pauvre en matière organique avec une salinité faible.

Le guano utilisé dans l'expérimentation est riche en matière organique, en azote et en potassium, cependant il est dépourvu de calcium et de magnésium, présente une acidité forte et une conductivité électrique (CE) très élevée.

Les analyses réalisées après 30 jours de culture concernant les paramètres morpho-physiologiques des plantes et certaines caractères physico-chimiques du sol, nous ont permis d'observer les effets suivants :

- Une amélioration de la majorité des paramètres morpho physiologique de la plantes en particulier dans les parties aériennes, à savoir le poids frais, poids sec, matière sèche, ainsi que l'amélioration des teneurs de sol en azote, en matière organique et la diminution de pH du sol vers la neutralité.
- Une réduction progressive de la taille, du poids frais et du poids sec racinaire des plantes de féverole. Cette diminution serait dû à la salinité élevée du sol ayant reçu des doses croissantes de guano.
- Il y a lieu de noter que le guano a entraîné des augmentations significatives de la surface foliaire ainsi que les teneurs en potassium racinaire. Ces augmentations sont observées en présence de faibles doses de guano (T1), alors que le doublement (T2) ou le triplement (T3) de la dose de guano ont engendré un effet négatif sur ces paramètres.

A la lumière de ces résultats et en perspective, le guano doit subir quelques traitements avant son utilisation à savoir : le compostage et le chaulage. Par contre la contrainte de sa disponibilité peut être contournée par la protection de Chauves-souris permettant de produire suffisamment ce fertilisant, à travers l'installation des perchoirs.

**Références**  
**Bibliographiques**

**Références bibliographiques**

- Abbott, LK. et Murphy, DV. (2003).** Soil biological fertility- A key to sustainable land use in agriculture, Kluwer Academic Publishers, 2003 Gilbert Gaucher, *Traité de pédologie agricole: le sol et ses caractéristiques agronomiques*, Dunod, 1968, 578 p
- Anon (1997).** Bird and bat guano “ histoplasmosis risk”. Nebraska Veterinary Extension Newsletter. March. [www.ianr.unl.edu/ianr/vbs/extension/oldnews/mar97txt.htm](http://www.ianr.unl.edu/ianr/vbs/extension/oldnews/mar97txt.htm)
- Anon (2000).** Guano—the 100% natural organic soil amendment. Home Harvest Garden Supply, Inc. 3712 Eastern Ave. Baltimore, MD 21224. 410-327-8403
- Baize D. (1988) .** Guide des analyses courantes en pédologie, INRA, Paris, France, 172 p
- Balesdent, J. (1996).** Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France. *Etude et gestion des sols. INRA.(afes). Vol 3 N°4. Paris. pp 245-260.*
- Benchetrit, M (1956).** Les sols d'Algérie. *In: Revue de géographie alpine, tome 44, n°4., pp. 749-761.*
- Bensid, Z . (1996).** Etude expérimentale de la dynamique des litières dans deux stations forestières des hautes altitudes Aurassiennes (Monts de Chelia) :- Incidences de la nature du couvert forestier sur les microflores telluriques -Turnover des retombées biologiques (minéralisation, réorganisation et humification). Thèse de Magistère. INES de Batna.
- Comtois, M. et Legare, M. (2004).** La fertilisation des plantes ligneuses cultivées en contenant. Programme Horti-2002, *Direction de l'Innovation Scientifique et Technologique*, 57 p.
- Delas, J. et Molot, C. (1983).** Effet de divers amendements organiques sur les rendements du maïs et de la pomme de terre cultivée en sol sableux. *Agronomie, EDP Sciences, 3 (1), pp.19-26.*
- Durand J.H. (1983).** Les sols irrigables. Etude pédologique. Impr. Boudin, Paris, 339 p.
- Chaussod, R. (1996).** La qualité biologique des sols : Évaluation et implications, *Étude et Gestion des Sols, 3, 4, 1996, Laboratoire de Microbiologie des Sols, INRA, 17 rue Sully - BV 1540 - 21034 Dijon, pp 261-278*
- Duthil, J. (1973).** *Elément d'écologie et d'agronomie. Tome II. Exploitation et amélioration du milieu. Ed.J.B. Baillière. Paris. 265p.*

## *Références bibliographiques*

- Dutoit, T. et Leboulenger, F. (1992).** Guano de chauves-souris et agriculture : nouvelles données. *Petit Lérot* 39 : 20-21.
- Foster, J. B. and Clark, B. (2009).** “Ecological Imperialism and the Global Metabolic Rift: Unequal Exchange and Guano/Nitrates Trade.” *International Journal of Comparative Sociology*, 50(3-4): 311-354.
- Gallais, A. et Bannerot, H. (1992).** Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA. Paris. 768p.
- Garry K. Smith (1994).** Are you exposing yourself to histoplasmosis? *Australian Caver*. No. 36.p. 6—8. Reprinted at <http://wasg.iinet.net.au/histo.html>
- Greenhall, A. (1982).** House bat Management. Resource Management Publication 143.U.S. Fish and Wildlife Service. Condensed version found at: BCM's Bat Central. [www.batmanagement.com/Batcentral/eviction/health.html](http://www.batmanagement.com/Batcentral/eviction/health.html)
- Hanafy M., Pickardt T., Kiesecker H. et Jacobsen H.,(2005).** Agrobacterium-mediated
- Keleher, S. (1996).** Guano: Bats' gift to gardeners. *Bat conservation international*. Volume 14, Issue 1, 4 pages.
- M'Sadak Y., Ben M'barek A., Tayachi, L.(2012).** Possibilités d'incorporation du méthacompost avicole dans la confection des substrats de culture à base de compost sylvicole en pépinière forestière. *Revue « Nature & Technologie »*. n° 06 pp. 59 à 70
- Maatougui M.E.H., (1996).** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of faba bean. Ed. Actes, Rabat (Maroc) 202 p.
- Morel, R. (1989a).** Analyse des facteurs de la croissance de la plante pour la définition du concept de fertilité des sols. *In : Fertilità del suolo e nutrizione delle piante*. SISS et SICA, Eds., pp 57-73.
- Morel, R. (1989b).** La fertilité des sols. *In : Les sols cultivés*. Lavoisier, coll. Tec
- Morris, B. (2003).** "Legumes." *Encyclopedia of Food and Culture*. Ed. Solomon H. Katz, 3 vols. New York: Charles Scribner & Sons,
- Mustin, M. (1987).** Le compost Gestion de la matière organique. Editions François Dubusc. Paris, France. 954 p.
- Patzel, N. ; Sticher, H. ; Karlen, D.L. (2000).** “Soil fertility - Phenomenon and concept”, *J. Plant Nutrition and Soil Science - Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung und bodenkunde*, 163, 129-142.

## *Références bibliographiques*

**Pointereau, P.(2001).** Légumineuses: quels enjeux écologiques? Courrier de l'environnement de l'INRA n°44, pp 69-72, SOLAGRO 40, rue Beau Site, 31500 Toulouse.

**Roué, Y.S. (2003).** Guano de chauves-souris : un bon engrais. *In* : L'envol des chiros. Bulletin de liaison de groupe chiroptère de la S.F.E.M, Société française à l'étude et la protection des mammifères, Novembre N°8, pp 1-16.

**Scholes, R.J. ; Dalal, R. et Singer, S. (1994).** Soils physics and fertility: The effects of water, temperature and texture. *In*: Woomer and Swift editors « The biological management of tropical soil fertility 1: 11: 7- 135.

**Sebilotte, M. (1989).** Fertilité et systèmes de production. INRA, Paris, 369 p.

**Shetty,S. ; Sreepada ,K.S. ; Bhat, R. (2013).** Effect of bat guano on the growth of *Vigna radiata* L. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 3, pp. 2250-3153.

**Soltner , D. (1988).** Les bases de la production végétale. Tome1 : le sol ; collection *sciences et techniques Agricole*, 16<sup>ème</sup> Edition.

**Sridhar, K.R.; Ashwini, K.M.; Seena, S.; Sreepada, K.S. (2006).** Manure qualities of guano of insectivorous cave bat *Hipposideros speoris*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 6, num. 2, , pp. 103-110.

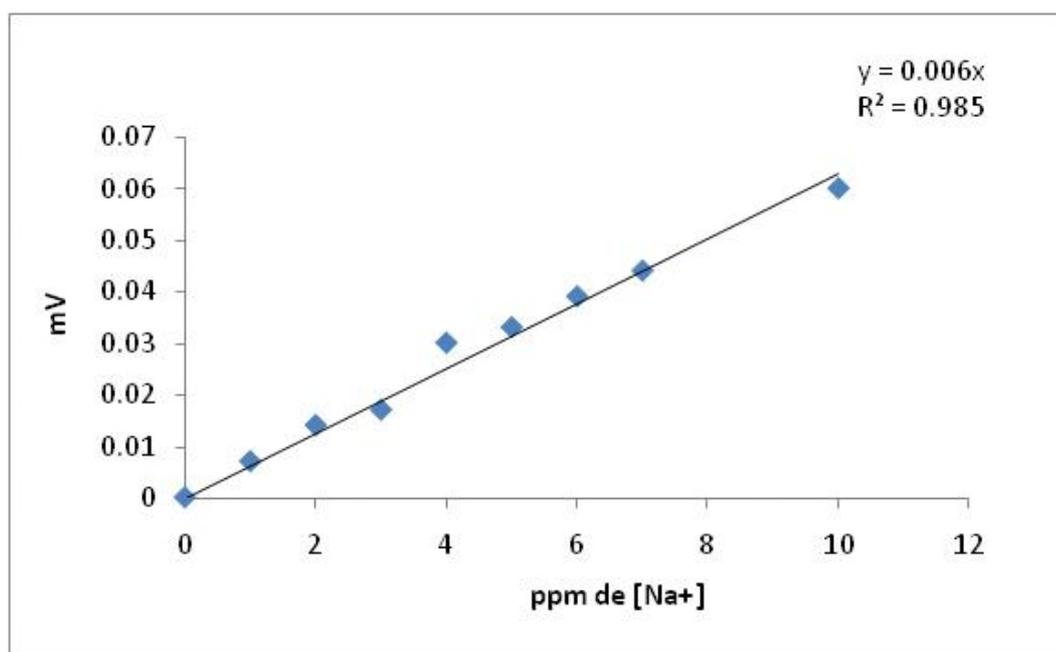
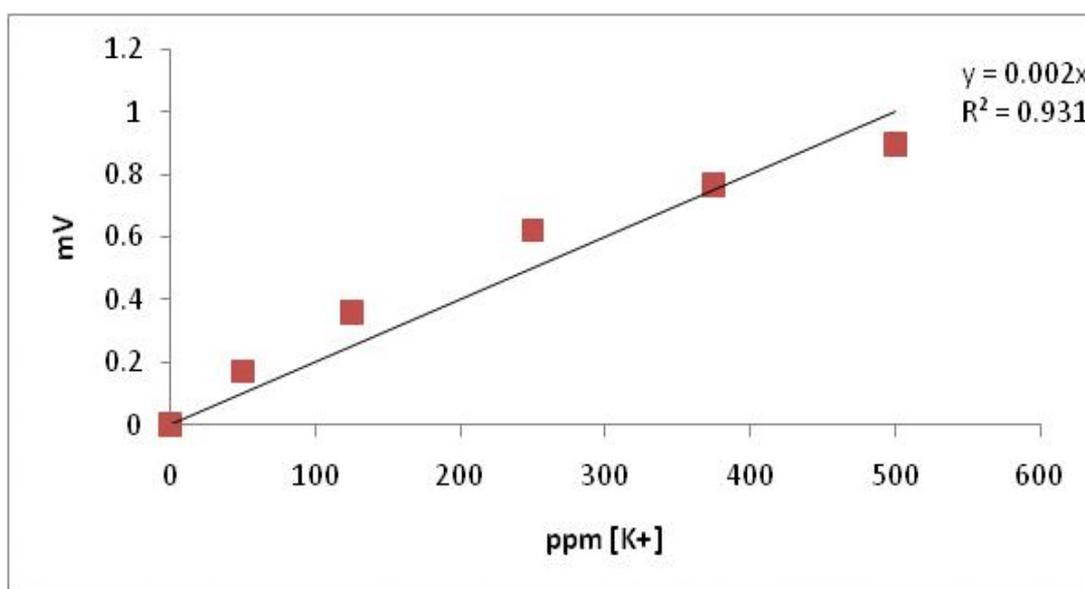
**Thi ,S. ; Furey, N.M.; Jurgens, J.A. (2014).** Effect of bat guano on the growth of five economically important plant species, *Journal of Tropical Agriculture* 52 (2) : 169-173.

transformation of faba bean (*vicia faba* L.) using embryo axes. *Euphytica* 142:227-236.

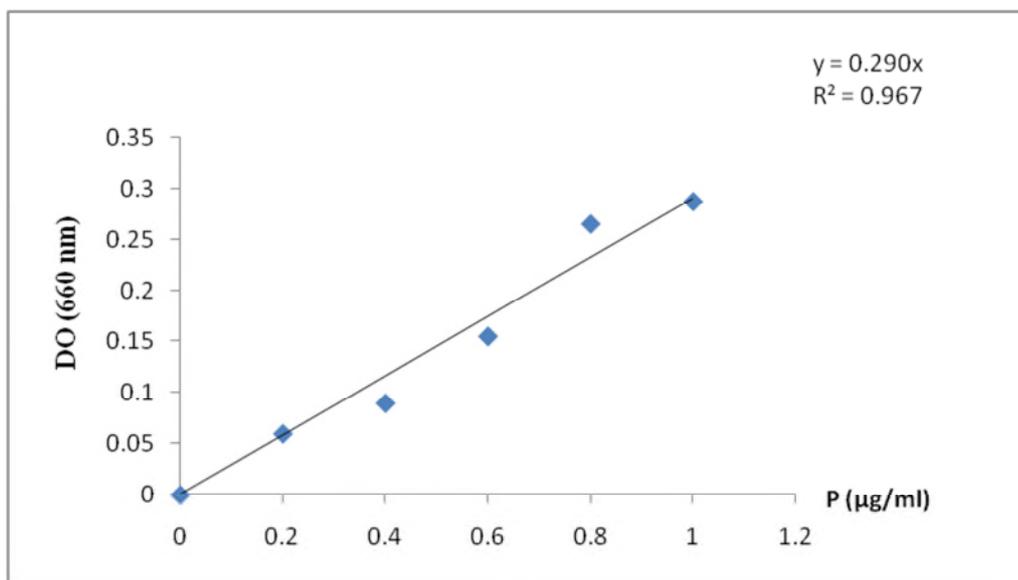
**Vilain V. (1989).** La production végétale : maîtrise technique de production, Tec et Doc, Vol.2, Ed. Lavoisier, J.B. Bailliere, 355p.

**Zair , N. (2009).** Etude hydrogéologique et problèmes de vulnérabilité des nappes aquifères dans la région d'Oum El-Bouaghi, Magister, Option: Hydrogéologie, Environnemental et modélisation. Université –Annaba Mokhtar Badji pp-132 .

# **Annexes**

**Annexe 1 : Courbe d'étalonnage de sodium****Annexe 2 : Courbe d'étalonnage de potassium**

## Annexe 3 : Courbe d'étalon de phosphore



## Annexe 4 : Analyse de la variance

Paramètres	F	Pr >F
Hauteur des parties aériennes	1,491	0,289
Longueurs des racines	3,950	0,053
Poids frais des parties aériennes	11,186	0,003
Poids secs des parties aériennes	36,767	< 0,0001
Poids frais des racines	34,049	< 0,0001
Poids secs des racines	131,897	< 0,0001
Surface foliaire	14,713	0,001
Teneurs en Azote des parties aériennes	3,742	0,060
Teneurs en Phosphore des parties aériennes	50,309	< 0,0001
Teneurs en Potassium des parties aériennes	6,008	0,019
Teneurs en Azote des parties racinaires	236,773	< 0,0001
Teneurs en Potassium des parties racinaires	83,423	< 0,0001
Matière sèche des parties aériennes	50,054	< 0,0001
Matière sèche des parties racinaires	54,36	< 0,0001
Azote de sol après amendement	55,554	< 0,0001
%C du sol après amendement	28,464	0,000
CE du sol après amendement	30,632	< 0,0001
pH du sol après amendement	32,73	0,000



## Résumé

Cette étude est réalisée dans des pots afin d'évaluer l'effet de guano de chauves-souris sur la croissance d'une légumineuse alimentaire (*Vicia faba* L. var. *minor*), cultivée dans un sol d'Oum El Bouaghi amendé par des doses croissantes de guano.

Les résultats de l'essai ont montré qu'à l'exception de la hauteur, le guano a amélioré la majorité des paramètres morpho-physiologiques des plantes ainsi que certaines caractéristiques du sol. Toutefois, le guano par sa salinité très élevée a causé une diminution de la hauteur, des poids frais et secs des parties racinaires des plantes de la féverole.

**Mots clés :** Guano, chauves-souris, engrais, *Vicia faba*, croissance végétale.

## Abstract

This study is carried out in pots to evaluate the effect of guano of bats on the growth of a food legume (*Vicia faba* L. var. *minor*) cultivated in a soil of Oum El Bouaghi amended by increasing doses of guano.

The results of the experiment showed that, with the exception of the height, guano improved the majority of the morpho-physiological parameters of plants as well as certain characteristics of the soil. However, guano by its very high salinity has caused a decrease in the height, fresh and dry weight of the root parts of faba bean plants.

**Key words:** Guano, bats, fertilizer, *Vicia faba*, plant growth.

## ملخص

أجريت هذه الدراسة في أصص لدراسة تأثير ذرق الخفافيش على نمو البقوليات (*Vicia faba* L. var. *minor*) المزروعة في تربة أم البواقي و المسمدة بجرعات متزايدة من الذرق (الغوانو).

وأظهرت نتائج التجربة أنه، باستثناء الارتفاع، فقد حسن الغوانو معظم المواصفات الفيزيولوجية المظهرية للنباتات وبعض خصائص التربة. ومع ذلك، بسبب ملوحته العالية جدا قد تسبب في انخفاض في الطول والوزن الطازج والجاف للأجزاء الجذرية لنباتات الفول.

**الكلمات المفتاحية:** غوانو , خفاش , سماد , نمو النبات , *Vicia faba*