



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
Et de la Recherche Scientifique  
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme  
de Master académique en  
Filière : **Ecologie et environnement**  
Spécialité : **Protection des écosystèmes**

Présenté par : **RAMOUS Ahlam**

**SAMI Sara**

*Thème*

---

**L'activité insecticide de la diatomite sur les larves du *Trogoderma* du grain (*Trogoderma granarium*) dans la région de Tissemsilt.**

---

Soutenu le, Juin 2022

**Devant le Jury :**

Mr. DJETTI Tayeb	Président	M.C.B	Univ-Tissemsilt
Mr. BOUNOUIRA Yassine	Encadrant	M.C.B	Univ-Tissemsilt
Mr. CHOUHIM Kadda Amine	Encadrant	M.A.A	Univ-Tissemsilt
Mr. ARDJANE ADDA	Examineur	M.A.A	Univ-Tissemsilt

**Année universitaire : 2021-2022**

## Remerciements

Nos remerciements vont d'abord à Dieu tout-puissant de nous avoir donné la patience de réaliser ce modeste travail.

Nos remerciements vont à notre encadrant M. BOUNOUIRA Yassine, maître de conférence B à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie pour avoir dirigé notre travail de recherche.

Nous lui sommes extrêmement reconnaissants pour ses conseils judicieux et nos plus vifs remerciements pour son dynamisme, son soutien, ses conseils et sa confiance qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à notre -encadrant M. CHOUHIM Kadda Amine, maître de Assistant A, à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie qui a toujours été présente avec nous dans ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury :

DJETTI Tayeb, maître de conférences B à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie présider le jury de soutenance de mon mémoire de fin d'étude.

ARDJANE ADDA, M., maître d'Assistant A à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie A pour avoir accepté de juger mon travail.

Qu'ils trouvent ici toute notre gratitude et nos remerciements pour avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail.

Bien sûr, nous ne pouvons terminer sans remercier encore une fois nos proches du fond de notre cœur et notamment nos parents pour leur soutien inconditionnel dans toutes les étapes de notre vie.

Merci à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste mémoire.

SAMI Sara et RAMOUS Ahlam

# *Dédicace*

*Je commence par le nom du tout-puissant vivant, en qui il n'y a  
d'autre dieu que Lui. Je lui ai fait confiance et lui ai fait confiance*

*Je mets ça au travail Humble Dans mes mains, la meilleure et la plus  
merveilleuse femme qui existe chère mère*

*À mon cher père, un symbole de défi et un exemple d'épanouissement,  
et mon modèle pour l'avenir, qui m'a donné confiance*

*Réveille l'amour dans mon cœur*

*A ceux avec qui j'ai partagé le sourire avant la morsure, le doux et  
l'amer de la vie*

*À mes chères sœurs Issraa, Hadil, Dounia, Ikram, Faiza.*

*A ma chère amie Fatiha et houda*

*À tous ceux que je connaissais dans la vie universitaire À partir de  
2021\_2022*

*Sara*

# *Dédicaces*

*Grace au dieu, le tous puissant qui m'a donné le courage et la volonté*

*Pour réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*La lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon*

*Bonheur ; maman que j'adore*

*Propriétaire d'un visage bienveillant et de bonnes actions, il ne m'a*

*Pas épargné toute sachie (mon cher père).*

*Au compagnon du chemin, et à l'ami de tous les jours avec sa douceur*

*Et son amertume : Mon cher époux.*

*A mes chers frères, Mohammed Rafik, Nawal, Ikram et Nour elhouda.*

*AhSam*

## *Liste des abréviations*

- **OAIC** : déclarations de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales
- **TD** : Terre diatomite
- **µm** : Micromètre
- **Kg** : kilogramme
- **M** : Mètre
- **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** : Oxyde d'aluminium
- **SiO<sub>2</sub>** : Dioxide de silicone
- **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** : Trioxyde de fer
- **CaO** : Oxyde de calcium
- **MgO** : Oxyde de magnésium
- **K<sub>2</sub>O** : Oxyde de potassium
- **T** : Température
- **P** : précipitation
- **I** : Indice
- **M** : Température maximale
- **m** : Température minimale
- **CCLS** : coopérative des céréales et des légumes secs de Tissemsilt
- **CL** : Concentration létale
- **Mg** : Le milligramme
- **Cm<sup>2</sup>** : Centimètre carré
- **h** : Heure

## *Liste des figures*

<b>Figure 1 :</b> Structure du frustule d'une diatomée ( <i>Navicula</i> sp.) .....	4
<b>Figure 2 :</b> Représentation schématique faisant apparaître les composants siliceux de la paroi Cellulaire des diatomées.....	5
<b>Figure 3 :</b> structure microscopique de la diatomite.....	5
<b>Figure 4:</b> Raies de diffraction X obtenues sur notre échantillon de diatomite.....	8
<b>Figure 5:</b> Distribution de <i>T. granarium</i> dans le monde.....	10
<b>Figure 6:</b> Œufs de <i>Trogoderma granarium</i> .....	11
<b>Figure 7:</b> Deuxième stade larvaire de <i>T. granarium</i> .....	13
<b>Figure 8:</b> Nymphe de <i>Trogoderma granarium</i> .....	13
<b>Figure 9:</b> Adulte de <i>Trogoderma granarium</i> .....	14
<b>Figure 10:</b> Structure schématique d'un grain de blé.....	20
<b>Figure11:</b> représente genre <i>Aegilops</i> .....	22
<b>Figure12:</b> représentegenre <i>Triticum</i> .....	22
<b>Figure 13 :</b> Situation générale de la wilaya de Tissemsilt.....	25
<b>Figure14:</b> Evolution des précipitations annuelles (1984-2018).....	27
<b>Figure 15:</b> Moyennes des précipitations mensuelles de la période (1984-2018).....	27
<b>Figure 16 :</b> Variation des moyennes mensuelles des températures de la période (1984-2018).....	28
<b>Figure 17:</b> Diagramme ombrothermique de la wilaya de Tissemsilt (1984-2018).....	30
<b>Figure 18:</b> Climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) de la période (1984-2018) Station d'Ain Bouchekif (Tiaret).....	31
<b>Figure 19 :</b> Bio-essais contre les <i>Trogoderma granarium</i> (original).....	33
<b>Figure 20 :</b> Activités insecticide de la diatomite sur les larves de <i>T. granarium</i> (original)....	35
<b>Figure 21 :</b> Taux de mortalité moyenne de la population de <i>Trogoderma granarium</i> .....	36

## *LISTE DES TABLEAUX*

<b>Tableau 1 :</b> Propriétés physiques des différentes variétés de kieselguhr .....	<b>6</b>
<b>Tableau 2:</b> Principaux gisements de diatomite d'Algérie .....	<b>7</b>
<b>Tableau 3:</b> analyses physico-chimiques d'un échantillon de la terre de diatomée .....	<b>8</b>
<b>Tableau 4 :</b> la sélectivité et avantages du Dimilin .....	<b>16</b>
<b>Tableau 05 :</b> La surface cultivée, le rendement et la production des principaux Pays Producteurs de blé en 2018.....	<b>18</b>
<b>Tableau 06:</b> Surface cultivée, rendement et production de blé en Algérie .....	<b>18</b>
<b>Tableau 07:</b> Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé : Valeurs moyennes et écarts courants exprimés en % de la matière sèche de la partie considérée.....	<b>21</b>
<b>Tableau 08 :</b> Composition moyenne en minéraux du grain de blé et des différents produits de Mouture.....	<b>21</b>
<b>Tableau 09 :</b> Les principaux ennemis des denrées stockées et leurs dégâts.....	<b>24</b>
<b>Tableau 10 :</b> stations météorologiques étudiées (ancienne et nouvelle période).....	<b>25</b>
<b>Tableau 11 :</b> Indice d'aridité de Martonne.....	<b>29</b>
<b>Tableau 12 :</b> Quotient pluviothermique d'Emberger.....	<b>30</b>
<b>Tableau13:</b> Susceptibilité de populations des larves des chenilles aux différentes Concentrations de la diatomite (TD).....	<b>37</b>
<b>Tableau 14 :</b> Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par TD sur les Larves de <i>Trogoderma granarium</i> .....	<b>38</b>

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
I. Les diatomées	
<b>1. Biologie des diatomées (Bacillariophycées).....</b>	<b>3</b>
1.1. Structure cellulaire.....	3
1.2. Description du frustule.....	4
<b>2. Principaux gisements de diatomite en Algérie.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX).....</b>	<b>8</b>
<b>4. Domaines d'utilisation de la diatomite.....</b>	<b>9</b>
II. <i>Trogoderma granarium</i>	
<b>1. Classification .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Morphologie.....</b>	<b>11</b>
2.1 Œuf .....	11
2.2 Larve .....	12
2.3 Nymphe.....	13
2.4 Adulte.....	14
<b>3. Impact économique .....</b>	<b>14</b>
<b>4. Études des différents stades larvaires.....</b>	<b>15</b>
<b>5. Méthode de lutte.....</b>	<b>15</b>
5.1 La lutte mécanique.....	15

5.2 Lutte chimique.....	15
5.3 Lutte microbiologique.....	16
<b>III. Généralités sur le blé</b>	
<b>1. Les principaux pays producteurs de blé.....</b>	<b>18</b>
1.1. La production en Algérie.....	18
<b>2. Caractères botaniques et classification du blé.....</b>	<b>19</b>
<b>3. Composition histologique du grain de blé.....</b>	<b>19</b>
<b>4. Composition biochimique du grain de blé.....</b>	<b>20</b>
<b>5. Origine et histoire de blé.....</b>	<b>22</b>
<b>6. ravageurs du blé stocké.....</b>	<b>23</b>
6.1. Oiseaux.....	23
6.2 Acariens.....	23
6.3 Rongeurs .....	23
6.4 Microorganismes.....	23
6.5 Insectes.....	24
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES</b>	
<b>PARTIE I : ETUDE DU MILIEU</b>	
<b>1. Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt.....</b>	<b>25</b>
<b>2. Méthodologie.....</b>	<b>25</b>
2.1. Choix des données et des stations météorologiques.....	25
<b>3. Facteurs climatiques.....</b>	<b>26</b>
3.1. Pluviosité.....	26
3.1.1. Régimes pluviométriques.....	26

3.2. Températures.....	28
<b>4. Synthèse bioclimatique.....</b>	<b>29</b>
4.1. Indice d'aridité de Martonne.....	29
4.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	30
4.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	30
 <b>PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE</b>	
<b>1. Etude de la diatomite .....</b>	<b>32</b>
<b>2. Activité insecticide de la diatomite contre le <i>Trogoderma granarium</i>.....</b>	<b>32</b>
2.1 Collecte des insectes et bio-essais dans le laboratoire.....	33
2.2 Tests insecticides.....	33
<b>3. Méthodes d'analyse et d'exploitation des résultats.....</b>	<b>33</b>
 <b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
<b>RESULTATS.....</b>	<b>35</b>
<b>1. Impact de la diatomite sur les larves de <i>Trogoderma granarium</i>.....</b>	<b>35</b>
<b>2. Taux de mortalité moyenne de la population de <i>Trogoderma granarium</i>.....</b>	<b>35</b>
<b>3. Estimation des valeurs de concentration létale (CL) pour la population des larves de <i>Trogoderma granarium</i>.....</b>	<b>38</b>
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUTION.....</b>	<b>41</b>
<b>RERERANCES BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>42</b>

# **INTRODUCTION**

## Introduction

Les céréales sont des aliments de base de l'alimentation humaine et animale. En Algérie, le grain le plus important est celui de blé tendre. Elle appartient au groupe des plus gros importateurs de blés dans le monde (Chehat, 2007). En effet, un des critères importants de la qualité sanitaire des céréales est la contamination. La présence de moisissures et de toxines dans les aliments est devenue un sujet de préoccupation pour les professionnels de la santé, et pour le commerce mondial.

Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Baji, 1999; Abdelaziz, 2019).

En Algérie, les produits céréaliers, principalement le blé occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009). Cependant, la conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte de l'année et la consommation permanente. Les récoltes conservées en général dans des conditions inadéquates, sont attaquées par des moisissures, des insectes et des rongeurs Foua-Bi K. (1989). Des pertes pouvant dépassées 35% sont enregistrées ces dernières années selon les déclarations de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (O.A.I.C.) (Ahmad, 2016).

Le bon stockage de blé et la bonne conservation ont pour but de préserver au maximum les qualités originelles des grains. De nombreuses pertes sont encore constatées chez les producteurs, qu'au niveau central dans les magasins et silos. Les pertes sont essentiellement dues aux insectes, aux rongeurs, aux moisissures et bactéries.

Les insectes du blé stocké représentent une partie très importante des ravageurs des céréales stockées. Ils peuvent causer des pertes importantes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés (Khayra, et *al.* 2019).

La protection des végétaux contre les organismes qui leur sont nuisibles s'inscrit, comme d'autres secteurs de l'agriculture, dans une démarche nouvelle. Celle-ci est la conséquence logique de l'évolution des connaissances et des techniques, mais aussi d'une attitude nouvelle de la société. Depuis quelques années, en effet, celle-ci exprime son souci de la garantie de la qualité tant des produits qu'elle consomme que de l'environnement dans lequel elle évolue.

# Introduction

---

Les méthodes de lutte classiquement préconisées contre les organismes nuisibles aux cultures reposent sur des traitements chimiques curatifs, dont les effets indirects sont souvent nocifs pour l'homme et la biosphère, en dépit de rigoureuses précautions d'emploi. C'est pourquoi il est impératif d'adopter une stratégie globale de protection intégrée des cultures, donnant la priorité aux méthodes préventives et aux solutions biologiques d'intervention (Kebdani, 2017). Les terres à diatomées (TD) sont des substances d'origine naturelle qui ont été certifiées comme insecticides organiques et qui sont non toxiques et écologiquement bénignes (Ross, 1981).

L'utilisation des insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif de ces insecticides provoque une contamination de l'environnement, de la chaîne alimentaire et une éradication des espèces de la faune auxiliaire (Soejarto et al, 1989). De plus l'usage très répandu de ces pesticides entraîne l'apparition de formes de résistances chez les insectes traités (Leonard et Ngamo, 2004) et des préjudices sur la santé humaine.

Ainsi des alternatives aux insecticides chimiques tels que les terres à diatomées ont également été évaluées avec une bonne efficacité insecticide (Stathers et al, 2002).

Le but de cette étude était d'évaluer pour la première fois l'efficacité de la terre de diatomées dans la mortalité de (*Trogoderma granarium*) (Bounouira et al, 2019).

Notre travail est structuré de façon classique, et il s'articule autour de :

- Le premier chapitre présente une revue bibliographique sur la diatomite, le parasite

Du blé stocké (*Trogoderma granarium*) et leurs plantes hôtes (Blé).

- Le second chapitre « Matériel et Méthodes » présente les régions d'étude (Tissemsilt) et les méthodes utilisées dans le laboratoire pour faire les tests biologiques (Insecticide) ;
- Le troisième chapitre rassemble les résultats de l'activité insecticide, et la discussion de ces résultats par rapport aux études précédemment menées.
- Enfin, nous avons terminé notre mémoire par une conclusion générale.

**CHAPITRE I**  
**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. Les diatomées

La diatomite est aussi appelée kieselguhr, c'est une roche sédimentaire siliceuse, poreuse et friable formée entièrement ou presque de "squelettes" de diatomées (Figure 1). Les diatomées ou Bacillariophycées font partie de l'embranchement des algues brunes (Chromophytes). Elles sont très anciennes puisque les premières diatomées fossiles datent du Crétacé (120 millions d'années) (Gold, 2002).

Les diatomées sont des cellules eucaryotes enchâssées dans une paroi de silice hydratée (le frustule) qui se compose de deux unités imbriquées : l'épivalve et l'hypovalve. Ces deux valves sont reliées par des ceintures connectives, constituées de fines bandes siliceuses (Duke et Riemann, 1977). L'accumulation d'un dépôt siliceux se constitue après dégradation de la matière organique. Les dépôts de silice de diatomées fossiles constituent une roche appelée diatomite (Krogeret al. 2002).

Les recherches ont clairement montré qu'une application de silicium pouvait contribuer de manière significative à la réduction des dommages causés par les parasites et les maladies (Belanger *et al*, 1995; Ma et takahashi, 2002; Meyer et Keeping, 2005; In Laing, 2006).

### 1. Biologie des diatomées (Bacillariophycées)

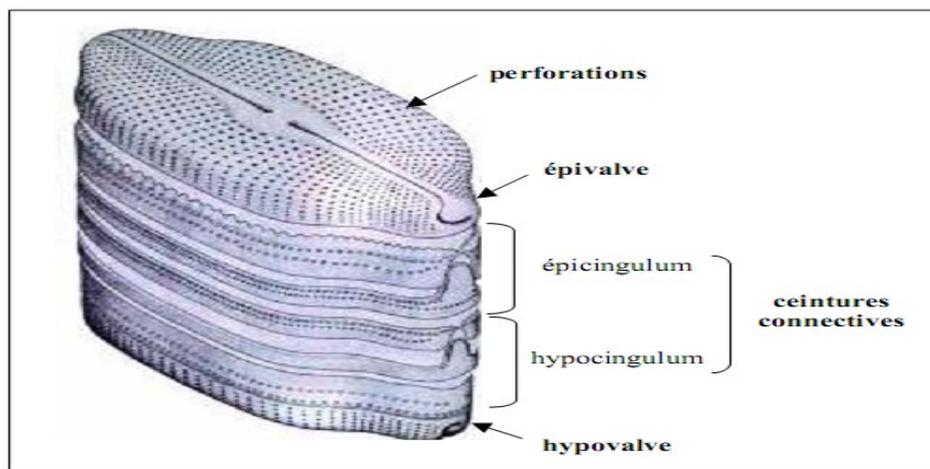
Les diatomées sont membres de l'embranchement des algues brunes (Chromophytes). Ces micro-algues unicellulaires, dont la taille varie de quelques  $\mu\text{m}$  à plus de  $500\mu\text{m}$  pour les plus grandes, constituent la majeure partie du phytoplancton lacustre et marin. Les diatomées sont omniprésentes, depuis le début du Jurassique (Kooistra et Medlin 1996), elles colonisent divers types de substrats dans des conditions et des milieux très différents, des eaux pures aux plus polluées.

#### 1.1 Structure cellulaire

Les diatomées sont caractérisées par la présence d'une paroi très différenciée autour de la cellule, principalement constituée de silice (le frustule). Cette paroi externe est formée de deux valves emboîtées (l'épivalve et l'hypovalve, de plus petite dimension), reliées entre elles par des ceintures connectives (l'épicingulum et l'hypocingulum) (Fig.1). Les diatomées produisent des substances extracellulaires polymériques (ExtracellularPolymeric Substances,

EPS), qui peuvent s'organiser en tubes, pédoncules, fibrilles ou former une enveloppe adhésive autour du frustule (Hoagland et *al*, 1993).

Ces substances mucilagineuses sont excrétées par la cellule au niveau des perforations réparties sur toute la surface du frustule (Round et *al*, 1990) (Figure 1). Elles sont considérées comme étant en grande partie responsables du succès biologique des diatomées, jouant un rôle dans leur mobilité, leur adhésion au substrat, dans la formation des colonies et contre la dessiccation (Hoagland et *al*, 1993).



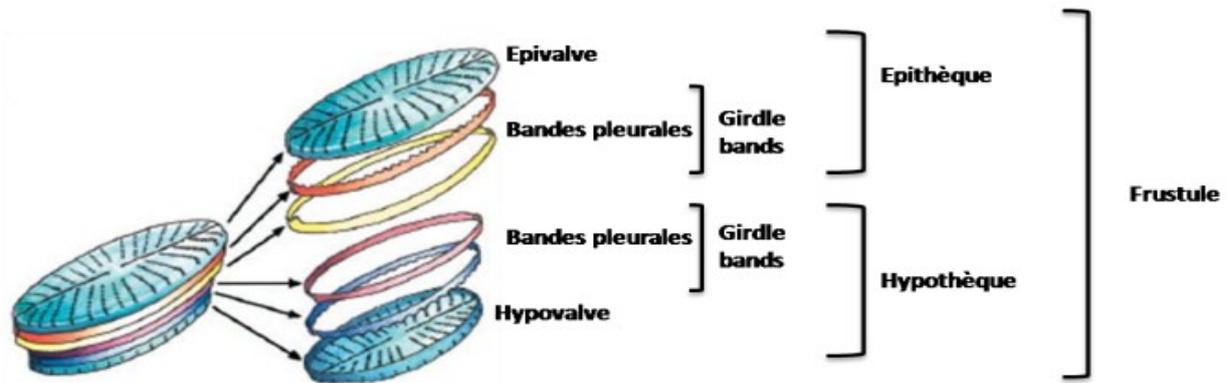
**Figure 1** : Structure du frustule d'une diatomée (*Navicula* sp.) (Round et *al*, 1990)

Le protoplasme sous-jacent ne présente pas de caractéristique particulière. Il contient les mêmes organites que les autres algues eucaryotes : noyau, mitochondries, dictyosomes, chloroplastes, vacuoles, etc. (Figure 1). Les chloroplastes présentent une couleur jaune pâle à brune, qui a déterminé le classement des diatomées dans le groupe des "algues brunes" et qui est due aux pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène, diatoxanthine, diadinoxanthine et fucoxanthine), masquant la couleur des chlorophylles (chlorophylles a et c).

### 1.1. Description du frustule

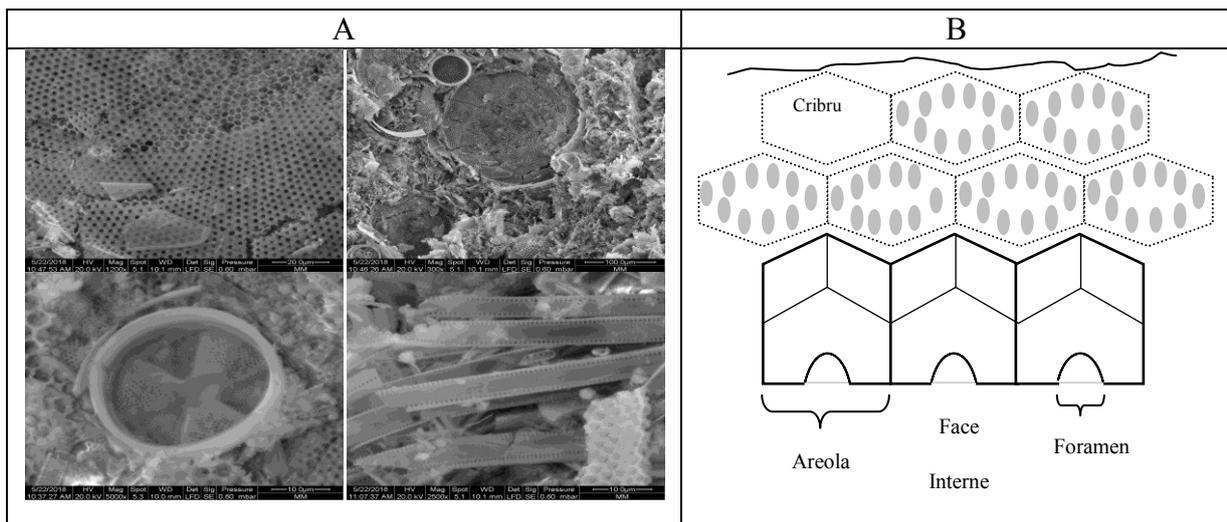
Le frustule est fait de silice amorphe faiblement cristallisée et de composés organiques. Même s'il existe plus de 200 000 espèces, il semblerait que le frustule soit constitué des mêmes éléments : deux parties imbriquées telle une boîte de Pétri (Falciatore et *al*, 2002), l'épithèque et l'hypothèque (Figure 2). La première représente la plus grande partie et reçoit l'hypothèque. Lors de la division asexuée, chaque thèque constitue l'épithèque de la cellule fille. Ainsi, la taille moyenne des cellules d'une même population tend à décroître.

Chaque thèque est constituée d'une valve (la partie plane de la thèque) et de bandes intercalaires ('Girdlebands'). Ces bandes sont synthétisées à la fin de la division cellulaire (Zurzolo *et al*, 2001). Les dernières bandes, appelées bandes pleurales, semblent particulières et différentes des autres.



**Figure 2 :** Représentation schématique faisant apparaître les composants siliceux de la paroi cellulaire des diatomées (Zurzolo *et al*, 2001)

Les propriétés intéressantes des diatomites sont liées à leur structure physique qui forme un agrégat de fines particules perforées suivant un motif régulier de petits pores plus moins régulière, en forme de ruche d'abeilles (Figure 3 A).



**Figure 3 :** structure microscopique de la diatomite (Bounouira *et al*, 2019).

La photo précédente (3B) montre un diagramme de l'architecture tridimensionnelle d'une valve. Les chambres de la structure en nid d'abeilles sont appelées aréoles. La couverture de chaque aréole constitue le cribrum (ou cribrum) qui présente, sur sa face interne un agencement régulier de pores de grande taille (les foramens) tandis que sur sa face externe les structures siliceuses fines de chaque cribrum sont appelées des cribelles (ou cribella) (Sumper, 2002).

La couleur du kieselguhr dépend de sa pureté. La couleur blanche correspond à un kieselguhr pur. La présence d'impuretés rend sa couleur plus au moins grise. La densité apparente varie de 112 à 320 kg/m, mais dans certain cas, elle peut aller jusqu'à 960 kg/m<sup>3</sup>(Meradi, 2009).

Le tableau 1 présente quelques propriétés physiques de différentes variétés de kieselguhr.

**Tableau 1** : Propriétés physiques des différentes variétés de kieselguhr (Taibi, 2001).

Propriétés	Kieselguhr Américain Séché	Kieselg. Danois Calciné	Kieselg. Américain Calciné	Kieselg. Français Calciné	Kieselg. Allemand calciné	Kieselg. USA activé
<b>Couleur</b>	Blanche Grise	Jaune Marron	Rose	Jaune Marron	Marron	Blanche
<b>Ph</b>	7	5.2	7.5	6.9	7	9.7
<b>Diamètre moyen (µm)</b>	14.2	19.3	15.9	14.1	13.9	30.1
<b>Perméabilité</b>	0.06	0.09	0.28	0.09	0.08	1.6
<b>Quantité cristalline %</b>	2	2.2	7.6	9.2	9.8	59.7
<b>Densité g/l</b>	288	280	271	255	209	290

## 2. Principaux gisements de diatomite en Algérie

Le tableau 2 présente les principaux gisements et la composition chimique de la diatomite en Algérie.

**Tableau 2:** Principaux gisements de diatomite d'Algérie (Meradi, 2009).

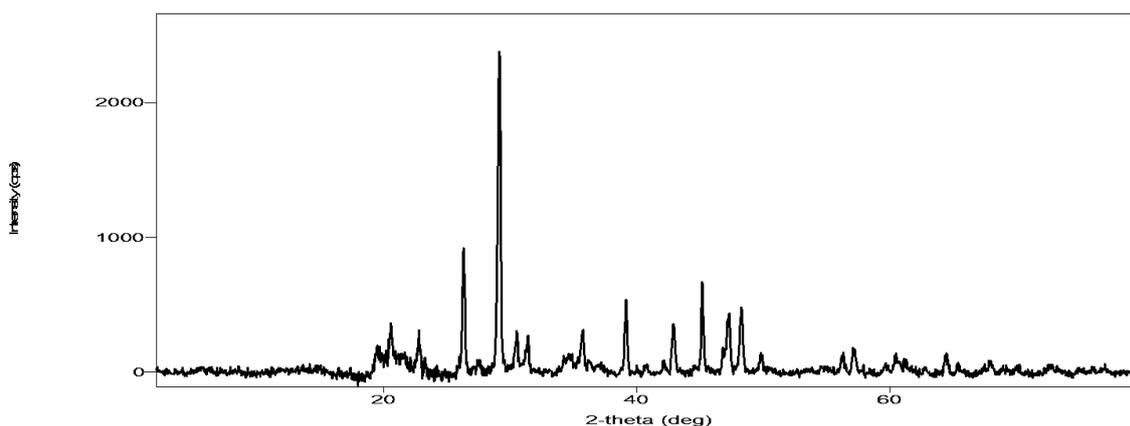
Gisement (wilaya)	Accès Desserte	Géologie	Composition, qualité	Utilisations (Production)	Réserves, Conditions de gisement
<b>Noumène (Tlemcen)</b>	W108: 4km Port: Ghazaouet 40km	diatomite avec marnes (Miocène)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6,0% SiO <sub>2</sub> 57,5% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,3% CaO 13,34% MgO 2,3% K <sub>2</sub> O 0,87%	Charge et adsorbants	Très importantes, faible recouvrement
<b>Grimezsecteurs Chadlia et Tahalait- (Mascara)</b>	Prox. RN4- RN6 Usine: 16km Port: Ghazaouet 50km	Miocène Terminal	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3,32% SiO <sub>2</sub> 59,86% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,5% CaO 12,8% MgO 4,73%	Filtration, Charge et adsorbants (production DIATAL)	1 Mt exploitables réserves géologiques: 6Mt (5 à 7 couches de 0,5 à 4 m d'épaisseur)
<b>Cadeau (mascra)</b>	Prox. RN13	Miocène terminal	Qualité moyenne	Charge, ciment	8 couches de 0,4 à 4,5m d'épaisseur, gisement à réévaluer
<b>AbdelMalek Ramdane (ex Ouillis) Mostaganem</b>	Prox. RN11 Port: Mostaganem 35km	Miocène supérieur	SiO <sub>2</sub> >80% Peu carbonatée	Charge, adsorbant, ciment. Exploitation arrêtée	Environ 15 couches de 0,2 à 1m sur 20m d'épaisseur (surface 3ha, peu de recouvrement) Gisement à réévaluer.
<b>Béni Zagouani (Mostaganem)</b>	Prox. RN11	Miocène terminal		Charge, adsorbant, Ciment	Réserves 0,36 Mt
<b>Djebel Meni (Mostaganem)</b>	Prox. RN11	Miocène	Peu carbonatée	Charge, adsorbant, Ciment	Couche de 1,5m d'épaisseur
<b>Guellal (Mostaganem et Relizane)</b>	Prox. W8A	Miocène Terminal	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3,5% SiO <sub>2</sub> 61,6% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2% CaO 13,3% MgO 0,96% K <sub>2</sub> O 0,6%	Charge, adsorbant, ciment	Couches de 0,5 m Relizane) terminal CaO 13,3% ciment à 2 m d'épaisseur

### 3. Analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX)

L'analyse minéralogique réalisée par DRX a donné les résultats présentés sur la figure 4.

La DRX a montré que les terres de diatomées qui ont été prélevées de la zone de Bider (Tlemcen-Algérie) ont une formulation d'origine d'eau douce contenant le coesite HP, silicium dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) à 77 %, Magnesium Oxide ( $\text{MgO}$ ) à 4.5 %, Potassium Oxide ( $\text{K}_2\text{O}$ ) à 1.0 %, Calcium Oxide ( $\text{CaO}$ ) à 6.8 %, sulfur (VI) oxide ( $\text{SO}_3$ ) à 0.6 %, phosphorus (V) oxide ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) à 1.0 %, iron(III) oxide, hematite HP ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) à 4.1 %, Vanadium Phosphide (PV) à 0.4 %, Phosphorus Sulfide ( $\text{P}_4\text{S}_7$ ) à 1.0 %, Titanium Oxide ( $\text{TiO}_2$ ) à 0.2 %, Aluminum Oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) à 2 %, Phosphorus (P) à 1,0 %, Sodium Oxide ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) à 0.4 % .

L'analyse DRX a aussi montré que notre échantillon diatomite contient 4 phases : la  $\text{SiO}_2$  amorphe à 32.19 %, l'Ankérite sous forme de  $\text{Ca}(\text{Fe}^{+2}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$  à 31.9 %, le Calcite  $\text{CaCO}_3$  à 26.9 % et le Quartz  $\text{SiO}_2$  à 9.0 % (Bounouira *et al.*, 2019).



**Figure 4:** Raies de diffraction X obtenues sur notre échantillon de diatomite (Bounouira *et al.*, 2019).

Les analyses physico-chimiques de notre échantillon ont donné les résultats suivants (Tab.3) :

**Tableau 3:** analyses physico-chimiques d'un échantillon de la terre de diatomée (Bounouira *et al.*, 2019).

pH	Conductivité électrique $\mu\text{m}/\text{cm } 1/5$	Matière organique %	Calcaire %		Phosphore assimilable ppm
			total	Actif	
7,61	12360	0,17	18,75	4,75	245,78

#### 4. Domaines d'utilisation de la diatomite

Selon Meradi(2009), le kieselguhr est utilisé dans les domaines suivants (exprimé en % de la production mondiale) :

- 60 % pour la filtration des huiles végétales et minérale, les jus de fruits et les eaux industrielles ;
- 25 % pour la fabrication de peintures, pesticides et comme charge dans de nombreux autres produits ;
- 15 % pour l'industrie d'isolation (très faible conductibilité thermique).

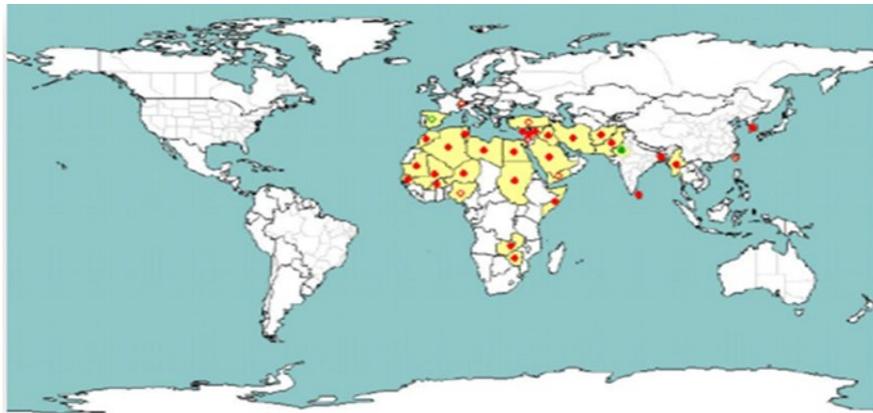
La structure alvéolaire de la diatomite est utilisée pour filtrer diverses boissons alcoolisées, le sucre, l'huile, des produits chimiques organiques/inorganiques et de l'eau. On s'en est déjà servi également pour éliminer les bactéries et les virus de l'eau des réseaux publics de distribution.

Son inertie chimique, sa surface spécifique élevée et sa capacité d'absorber jusqu'à trois fois son poids de liquide sont des propriétés qui, lorsqu'elles sont réunies, rendent ce minéral utile comme support pour pesticides, comme absorbant dans les litières pour animaux domestiques et comme matière permettant d'absorber du pétrole déversé.

## II. Le *Trogoderma granarium*

Dans le monde entier, les produits stockés sont attaqués par un grand nombre de ravageurs entraînant des pertes économiques importantes. Parmi ces ravageurs des céréales entreposées, le coléoptère khapra, *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera : Dermestidae) est l'un des ravageurs les mieux classés qui a la capacité de survivre dans diverses conditions climatiques. La gestion de ce ravageur se fait principalement à l'aide de produits chimiques synthétiques qui ont des effets secondaires sur les consommateurs, l'écosystème et les organismes non ciblés. Cependant, les phyto-dérivés se sont révélés être des alternatives efficaces et respectueuses de l'environnement contre *T. granarium* (Islam *et al*, 2021).

*Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera : Dermestidae) est l'un des ravageurs les plus notoires des céréales stockées dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales du monde (Ahmedani *et al*, 2011). Les populations vivantes, peuvent rester dans les conteneurs, matériaux d'emballage et cales non nettoyés pendant de longues périodes, infestant le matériel non hôte. *T. granarium* peut également augmenter la probabilité de contamination par *Aspergillus flavus* (Sinha *et al*, 1990).



**Figure 5:** Distribution de *T. granarium* dans le monde (Pasek, 2004)

## 1. Classification

**Embranchement :** Arthropode

**Classe :** Insectes : Coléoptères : Dermestidae

**Ordre :** coléoptères

**Famille :** Dermestidés

**Genre :** *Trogoderma*

**Espèce :** *Trogoderma granarium* (Evertset *al*, 1898)

### Synonymes:

- *Trogoderma khapra* (Arrowet *al*, 1917).
- *Trogoderma afrum* (Priesner *et al*, 1951).
- *Trogoderma granarium* (Kamel *et al*, 1965).

## 2. Morphologie

### 2.1. Œuf

La femelle commence à pondre des œufs sur les grains, individuellement ou parfois en grappes de 2 à 5. Les œufs sont d'abord blanc laiteux, puis jaunâtre pâle ; généralement cylindrique, 0,7 mm de long et 0,25 mm de large ; une extrémité arrondie, l'autre plus pointue et portant un certain nombre de projections en forme de colonne vertébrale, plus larges à la base et effilées distalement. La période d'œuf varie de 3 à 10 jours (OEPPet *al*,1981).



**Figure 6:** Œufs de *Trogoderma granarium* (BABBA *et al*, 2020)

## 2.2 Larve

Les larves à l'éclosion mesurent environ 1,6 à 1,8 mm de long. Les larves sont uniformément blanc jaunâtre, sauf que les poils de la tête et du corps sont bruns. À mesure que les larves augmentent en taille, leur couleur corporelle devient dorée ou brun rougeâtre, plus de poils se développent et la queue devient proportionnellement plus courte. Les larves matures mesurent environ 6 mm de long et 1,5 mm de large (Hadaway, 1956).

La tête porte une courte antenne à trois segments. La caractéristique propre à ces larves est la présence de deux types de poils : les poils simples, dont la tige porte de nombreuses petites excroissances rigides dirigées vers le haut ; et les poils barbelés, dont la tige est rétrécie à intervalles réguliers, et dont l'extrémité consiste en une tête barbelée. Cette tête est aussi longue que les longueurs jointes des quatre segments qui la précèdent. Les poils simples sont distribués sur la face dorsale de la tête et des segments. La queue consiste en deux groupes de longs poils simples, portés par le neuvième segment abdominal. Les poils barbelés font partie de mèches appariées, portées par certains tergites abdominaux. La couleur des larves change avec l'augmentation de la taille, et passe du blanc jaunâtre pâle des larves de premier stade au doré ou au marron rougeâtre. La densité des poils augmente également mais ces poils ainsi que la queue deviennent plus courts par rapport à la longueur et largeur du corps de la larve, et au quatrième stade les poils ont plutôt l'aspect de 4 bandes transversales sombres sur le corps. La larve à maturité mesure environ 6 mm de longueur et 1,5 mm de largeur. Un caractère visible d'une infestation de *Trogoderma granarium* sont les grandes quantités de ces larves poilues et de leurs mues. Morphologiquement, la distinction entre les larves de *T. versicolor* et de *T. granarium* à maturité est l'absence de ligne pré-tergale sombre entre les segments abdominaux 7 et 8, ligne absente ou très légère sur le 7ème segment et jamais présente sur le 8ème segment de *T. granarium*. (Singh et al. 2017).



**Figure 7:**Deuxième stade larvaire de *T. granarium* (BABBA *et al*, 2020)

### 2.3 Nymphe

Lors de la dernière mue, l'exuvie larvaire se fend, mais la nymphe reste à l'intérieur de cette exuvie pendant toute sa vie. La nymphe est du type extraire ; mâle plus petit que femelle, les longueurs moyennes étant respectivement de 3,5 mm et 5 mm (OEPP/EPPPO *et al*,1981). De couleur blanchâtre, la période nymphale dure de 4 à 6 jours. La nymphose a lieu dans la dernière mue larvaire parmi les grains (Singh *et al*, 2017).



**Figure 8:** Nymphe de *Trogoderma granarium* (BABBA *et al*, 2020)

## 2.4 Adulte

Charançon ovale-oblong ; d'environ 1,6-3,0 mm de longueur et 0,9-1,7 mm de largeur ; mâle marron à noir, portant des marques marron rougeâtres indistinctes sur les ailes ; la femelle est légèrement plus grande que le mâle, et de couleur plus claire ; les antennes ont 11 segments, la tête est petite et généralement courbée vers le bas. De nombreuses autres espèces se rencontrent dans les grains et autres produits stockés, parfois en grand nombre, et ils peuvent être pris pour *T. granarium*. Il est important donc de vérifier en laboratoire toute identification faite en plein champ (Hinton, 1945 ; Beal, 1956 et ; 1960). La femelle accouplée vit de 4 à 7 jours tandis que la femelle non accouplée vit de 20 à 30 jours et le mâle de 7 à 12 jours. Le développement complet de l'œuf à l'adulte varie de 26 à 220 jours (Singh *et al.* 2017b).



**Figure 9:**Adulte de *Trogoderma granarium* (BABBA *et al.*, 2020)

## 3. Impact économique

Ce ravageur est dangereux principalement pour les denrées stockées sous climat chaud et sec, il peut détruire totalement les céréales ou les légumineuses en un laps de temps très court. Sous climat humide, les taux de reproduction des insectes concurrents sont tellement plus élevés qu'il a du mal à s'établir. Cependant, sous de tels climats, il peut vivre à la limite interne de la zone de chaleur créée par l'activité de ces autres espèces dans les empilements et les tas de grains. Dans la région OEPP, dans les années 1970, *T. granarium* était considéré important à Chypre, en Tunisie et en Turquie. Howe et Lindgren (1957) ont élaboré ce qu'on

appellerait aujourd'hui une analyse du risque phytosanitaire de *T. granarium* en Amérique du Nord.

#### 4. Études des différents stades larvaires

Faire des échantillonnages justes avant l'intervention afin de définir la phénologie de l'insecte. Le triage des *Trogodermagranarium* de 10 colonies par station suffirait pour déterminer le pourcentage représentant les différents stades larvaires. Ces données seront reportées sur la fiche d'exploitation.

#### 5. Méthode de lutte

Ils existent plusieurs techniques de lutte contre la processionnaire du pin :

##### 5.1. La lutte mécanique

Son importance en terme de surface traitée est très faible cependant cette technique est très utilisée pour des interventions ponctuelles sur des arbres isolés. Elle consiste à prélever les pontes, les pré-nids et les nids d'hiver à l'aide d'un échenilloir. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de protéger la peau, les yeux et les voies respiratoires de l'intervenant contre les poils urticants en utilisant un équipement adapté.

Malgré l'existence de ces méthodes éprouvées, la mise en œuvre de plans de traitements reste difficile et coûteuse sur de grandes surfaces.

##### 5.2. Lutte chimique

Très utilisée jusqu'au début des années 90, de nos jours elle se limite à des interventions de faible ampleur ou de rattrapage. L'insecticide utilisé dans ce cas est généralement à base de Diflubenzuron (Dimilin), il agit d'une manière nette et radicale pendant tous les stades larvaires de la chenille processionnaire, c'est un inhibiteur de croissance qui perturbe le processus de mue larvaire, et provoque la mort des larves. Les avantages et les propriétés de cet insecticide sont illustres dans le tableau suivant :

**Tableau 4** : la sélectivité et avantages du Dimilin (MOSLI ,2005)

électivité	Avantages
Il n'agit pas sur les adultes.	activité spécifique sur les chenilles.
N'est pas toxique.	Très grande efficacité.
Sans effet sur les abeilles.	Resistance au lessivage.
Il est rapidement dégradé dans le sol	possibilité de l'appliquer depuis les premières éclosions jusqu'à des stades larvaires avancés.

Malgré ces avantages, SBABDJI (1997) indique à ce propos que l'utilisation des produits chimiques en milieu forestier reste prohibée en raison de leur impact sur les composantes des écosystèmes naturels.

### 5.3. Lutte microbiologique

Le moyen le plus utilisé est un produit à base de bacillusthuringiensisKurstaki qui est très efficace, il ne détruit pas la faune utile (DEMOLIN & MILLET, 1981). Ce produit agit par ingestion, les chenilles qui l'avale durant la prise de nourriture subissent des complications digestives et meurent.

Actuellement, seuls les trois premiers stades sont généralement visés par ce type de traitement ; mais le BtK est aussi efficace contre les larves du stade L4, voire même, début du stade L 5 (MARTIN et MAZET, 2001). Ces traitements ont pour but de maintenir des populations d'insectes ravageurs forestiers à un seuil optimal de nuisibilité.

### III. Généralités sur le blé

De nos jours, les céréales en général, le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde (Soumia, *et al*, 2019).

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000). Le genre *Triticum* appartient à la tribu des Triticées au sein de la famille des Poacées et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot *et al*, 2009).

Durant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré. Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture ; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans (Billel, 2016).

Le blé tendre est apparu entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ dans le croissant fertile puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (Doussinault *et al*, 1992). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (Bonjean, 2001, et Boulalet *et al*, 2007).

### 1. Les principaux pays producteurs de blé

**Tableau 05 :** La surface cultivée, le rendement et la production des principaux Pays Producteurs de blé en 2018 (FAO, 2020).

Pays producteurs	Superficies ha	Rendement = Mercure Kg/ha	Production tonnes
Allemagne	3036300	66737	20263500
Argentine	5822173	31806	18518045
Australie	10919180	19178	20941134
Fédération de Russie	26472051	27250	72136149
France	5231615	68427	35798234
Inde	29580000	33705	99700000
Iran	6700000	21642	14500000
Pakistan	8797227	28505	25076149
Canada	9881000	32152	31769200
Chine	24268794	54163	131447224
Espagne	2063683	38717	7989906
Etats-Unis d'Amérique	16027750	31999	51286540

#### 1.1. La production en Algérie

**Tableau 06 :** Surface cultivée, Utilisation et production de blé en Algérie (FAO *et al*, 2020)

Année	Superficie ha	Utilisation million de tonne	Production million de tonnes
2020	2118469	762.4	776.7
2021	2087003	771.7	776.8

## 2. Caractères botaniques et classification du blé

Selon Chase Mark et Reveal James (2009) la taxonomie du blé dur est établie comme suit :

**Classe :** Angiospermes

**Ordre :** Cyperales

**Famille :** Poaceae

**Genre :** *Triticum*

**Espèce :** *Triticum durum* Husn. (1899)

**Nom commun :** Blé dur

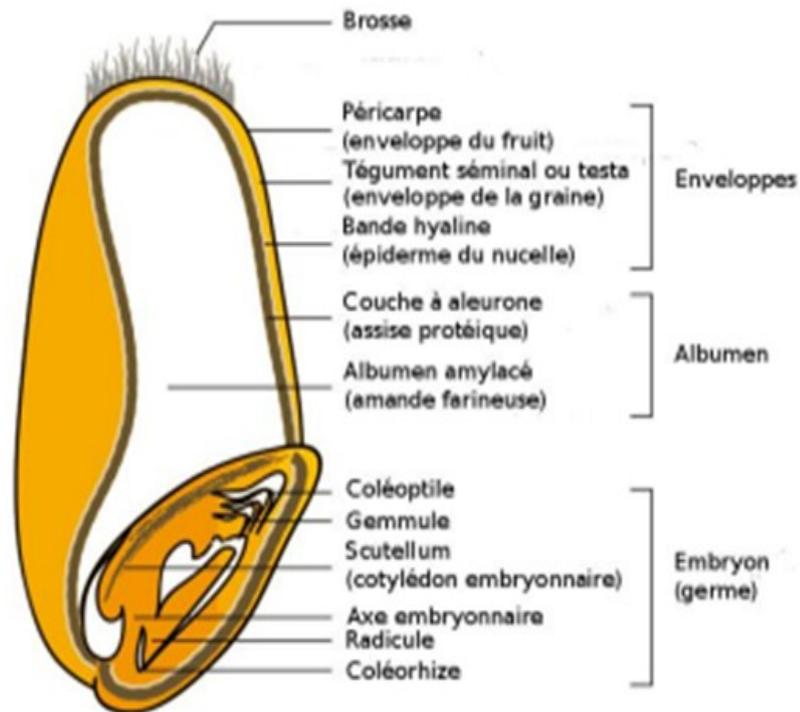
## 3. Composition histologique du grain de blé

Le grain de blé se compose d'un certain nombre de tissus avec des structures et des compositions spécifiques (Hemery *et al*, 2007), comme il est illustré dans la (Fig.10). Le grain de blé est formé de trois parties : l'enveloppe ou le son (13 %), l'albumen (84 %) et le germe (3 %) (Boudreau *et al*, 1992).

**-Le son :** est composé de plusieurs couches, qui protègent la partie principale du grain (Šramková *et al*, 2009). Il est formé de six tissus différents : l'épiderme du nucelle, le tégument séminal ou la testa (enveloppe de la graine), les cellules tubulaires, les cellules croisées, le mésocarpe et l'épicarpe (Feillet, 2000).

**-L'albumen :** est constitué d'albumen amylicé et de couche à aleurone. Dans l'albumen amylicé se trouvent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles (Feillet, 2000).

**-Le germe :** est l'embryon qui donnera naissance à une future plante. Il est constitué de deux parties, l'axe embryonnaire d'une part, composé de cellules parenchymateuses méristématiques, dont les parois sont fines et non lignifiées, et d'autre part le cotylédon, qui fonctionne comme un organe de stockage (Pomeranz, 1987 et Feillet, 2000).



**Figure 10:** Structure schématique d'un grain de blé (Weizenkorn, 2017)

#### 4. Composition biochimique du grain de blé

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est environ de 14 %. Le cotylédon du blé représente 82 à 85 % du grain, il accumule toutes les substances nutritives nécessaires : glucides, protéines, lipides, substances minérales et vitamines (Tab.06) (Hassan, H. et *al*, 2018). Pendant la maturation de la graine, les substances de réserve sont accumulées soit dans le cotylédon, soit dans le péricarpe. Ces substances sont principalement des métabolites qui assurent la nutrition de la plantule lors de la germination.

**Tableau07** : Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé : Valeurs moyennes et écarts courants exprimés en % de la matière sèche de la partie considérée

(Godon *et al*, 1991)

Partie du Grain	Amidon (petites glucides)	Protéine	Lipides	Cellulose Hémicellulose pentosane	Minéraux
Péricarpe	16(±2)	12 (±2)	1 (±0.2)	67 (±7)	4 (±1)
Tégument séminal	10 (±1)	16 (±3)	4(±1)	58 (±5)	12 (±3)
Assise protéique	12(±2)	32 (±3)	8 (±1)	38 (±3)	10 (±5)
Germe	20(±1.5)	38 (±2)	15 (±2)	22 (±2)	5 (±1)
Ame-ande	85 (±10)	11 (±3)	2 (±01)	1.5 (±1.5)	0.5 (±0.2)

**Tableau 08** : Composition moyenne en minéraux du grain de blé et des différents produits de mouture (en mg / 100g de matière sèche) (Pilon et Mazerand, 1988).

	Potassium	Phosphore	Fer	Zinc	Calcium	Magnésium
Grain entier	500	350	5	6	50	150
Germe	400	1200	16	4	100	500
Son	1300	1100	20	20	130	550

### 5. Origine et histoire de blé

On considère que la culture des céréales a permis l'essor des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. En effet, en fournissant une alimentation régulière et abondante aux populations, les céréales ont permis l'organisation de sociétés plus denses et plus complexes. (Fanchette, S, 1997).

Le mot « blé » est un terme générique désignant de nombreuses espèces très variées, appartenant à la famille des Poaceae (anciennement Gramineae). Le blé, quant à lui, est représenté par deux genres principaux, Triticum et Aegilops (présenté dans les figures si dessus 2et3).



**Figure11:**représente genre Aegilops(MATOUK.S.2019)



**Figure12:**représente genre Triticum(MATOUK.S.2019)

C'est par le blé qu'a commencé la "culture", son histoire a commencé il y a 500.000 ans, avec la cueillette de graminées sauvages puis vient le temps de la domestication, il y a environ 10.000 ans. L'homo sapiens cultive les premières céréales qu'il a repérées, issues des croisements spontanés entre graminées sauvages, lors de la "révolution néolithique". (BAHUCHET, S, 2017)

Cette culture s'est produite dans ce qu'on appelle le "Noyau Levantin", dans la région qui va de la vallée du Jourdain à l'Euphrate et qui forme un large arc de cercle ou "Croissant Fertile", ainsi que dans les régions montagneuses du sud-est de la Turquie. (VIOLLET, 2004).

## **6. ravageurs du blé stocké**

### **6.1. Oiseaux**

Les oiseaux sont attirés par les céréales depuis le stade laiteux jusqu'à la maturité. Ils détachent le grain de l'épillet, laissant l'épi endommagé et les glumes et glumelles éparpillées sur le sol. L'oiseau le plus fréquemment nuisible aux semis des céréales ce sont les moineaux. Ils arrachent la jeune plantule et consomment ce qui reste de la semence (Azoui, 2015).

### **6.2. Acariens**

Les acariens de stockage, appelés aussi acariens des denrées alimentaires entreposées, ont une prédilection pour les aliments conservés dans des lieux humides. Ils se nourrissent essentiellement de moisissures (Bessot et al, 2011). Ils appartiennent principalement à la famille des Acaridae et des Glycyphagidae. Ils se reproduisent selon un rythme accéléré et ils ont une fécondité élevée (Pauli et al, 2013). Chez les acariens, les seuils de températures nécessaires à leur multiplication sont inférieurs à ceux des insectes. Ils se situent entre 8 et 35 °C, mais il leur faut au minimum 70% d'humidité relative (Feuillet, 2000).

### **6.3. Rongeurs**

Les rongeurs consomment le grain et endommagent les sacs, les palettes le magasin. Ils contaminent également avec leurs urines et déjections beaucoup de grains, ce qui en altère donc la qualité. Ils contaminent les céréales qui, une fois consommées par l'homme, peuvent lui occasionner des maladies (Khayraet al 2019).

### **6.4. Microorganismes**

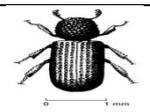
Les microorganismes et notamment les moisissures, dès que les conditions de température et d'humidité deviennent favorables, se développent en envahissant progressivement le grain. Les conditions climatiques en régions tropicales etnotamment en zones humides sont très favorables à la croissance de cesmicroorganismes (Coraf, 2007). En zones sèches, les risques d'attaque par les moisissures sont également présents si les conditions de stockage sont mauvaises. Les moisissures altèrent l'aspect, l'odeur et le goût

des grains sur lesquels elles se développent rendant ces derniers impropres à la consommation humaine ou animale (Coraf, 2007).

### 6.5 Insectes

Parmi les ravageurs, ce sont les insectes qui causent d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales. Deux ordres principaux comprennent la majorité des espèces inféodées au stock. Il s'agit des lépidoptères et des coléoptères. Ces derniers sont à l'origine de la plus part des dommages subis dans les réserves des denrées stockées et sont susceptibles de causer des dégâts aux grains stockés, en particulier les espèces appartenant aux genres *Tribolium*, *Sitophilus*, *Trogodermagranarium* et *Rhyzopertha* (Karahacane, 2015).

**Tableau 09 :** Les principaux ennemis des denrées stockées et leurs dégâts (Aziz et al, 2003)

Les insectes	Nom d'insecte	Conditions de prolifération	Dégâts Occasionnés	Nature des Dégâts
	Charançon <i>Sitophilus Granarium</i>	Population Multipliée par 20 en 80 jours (30°C et grains à 14°C)	Larves	Trous dans les Grains Germe et amende Dévorés
	Silvain ( <i>Oryzaephylus Surinamensis</i> )	Population Multipliée par 50 En 28 Jours (32°C, HR90%)	Larves	Aggravation Des dégâts des Charançon
	Crypto leste ( <i>Cryptolestes Ferrugeneus</i> )	Population Multipliée par 60 en 28 JOURS (35-40°C, HR70-90%)	Adultes et larves	Détruit le Germe
	Capucin ( <i>Rhyzopertha dominica</i> )	Population Multipliée par 20 en 28 Jours (34°C, HR70%)	Adultes	Réduction en poudre du contenu du grain
	Cadelle ( <i>Tenebriodes mauritanicus</i> Tenebriodae)	Développement Multipliée par 12,5 en 28 Jours à 35°C	Larves	Des grains Dévorés
	Dermeste ( <i>Trogoderma Granarium</i> )	Population Multipliée par 12,5 en 28 Jours à 35°C	Larves	Grains creusés jusqu'à videment complet
	Alcite des Céréales ( <i>Sitotroga cereallela</i> )	Population Multipliée par 25 en 28 jours à 35°C	Larves	Attaque le germe Déprédation de la marchandise avec les fils de soie gluants de son cocon

# **CHAPITRE II**

## **MATERIEL ET METHODES**



### 3. Facteurs climatiques

#### 3.1. Pluviosité

La pluviosité est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal. L'altitude, la longitude et la latitude sont les principaux gradients définissant la variation de la pluviosité. En effet, la quantité de pluie diminue du nord au sud, de l'est à l'ouest et devient importante au niveau des montagnes (Chaâbane, 1993).

Nous avons évalué les relevés annuels pluviométriques de 1984 à 2018 afin de cerner les variations interannuelles. Cette approche a été complétée par une analyse des régimes saisonniers des diagrammes ombrothermiques et du climagramme d'Emberger (Q2).

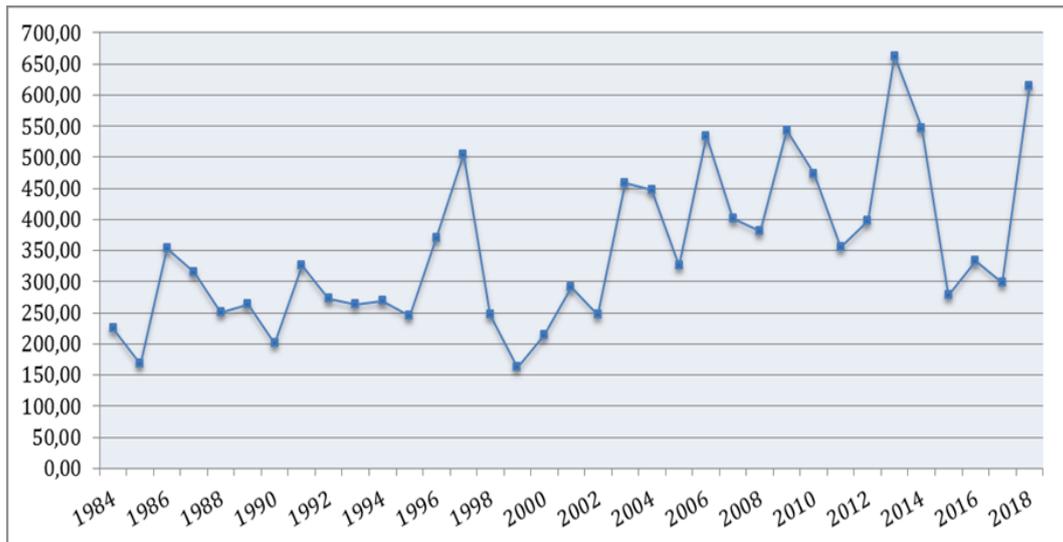
##### 3.1.1. Régimes pluviométriques

La connaissance de la moyenne annuelle de la pluie a un grand intérêt, mais pour compléter les études de la distribution de la pluie, il faut y ajouter celle du régime pluviométrique, donc la manière dont cette quantité totale de pluie se répartit entre les différentes saisons (Angot, 1916).

Le rythme des précipitations est important puisque l'existence d'une période de sécheresse estivale est le facteur écologique majeur, permettant d'expliquer les caractères particuliers des forêts méditerranéennes et la mise en place d'un nombre très élevé de types forestiers (Quézel et Medail, 2003a).

##### a. Régimes annuels

La moyenne pluviométrique annuelle calculée au cours de cette période (1984 à 2018) est de 350 mm, les valeurs de la pluviométrie pendant ces années ont oscillé entre un minimum de 162,6mm enregistré en 1999 et un maximum de 662mm en 2013 (Fig. 14). Les années les plus arrosées sont : 1997, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009, 2010, 2013, et 2018 où la pluviométrie a dépassé les 400 mm. Les années les plus sèches sont 1985 et 1999 où la pluviométrie n'a pas dépassé 170 mm.



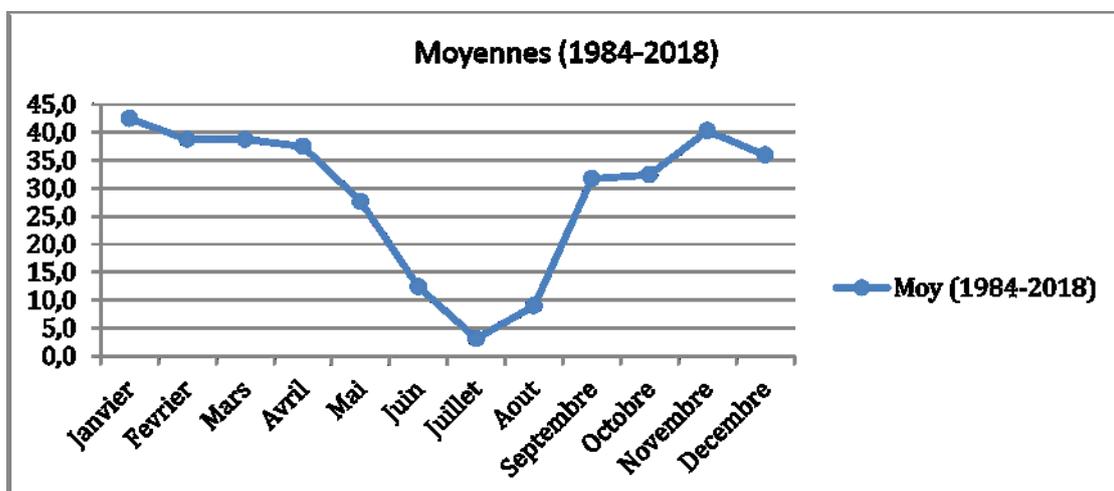
**Figure 14:** Evolution des précipitations annuelles (1984-2018)

Nous constatons que la dernière décennie (2004-2018) a été plus pluvieuse que les antécédents en termes de moyennes des cumuls pluviométriques.

### b. Régimes mensuels

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées pour tous les mois de l'année. Le régime de la précipitation mensuelle (Fig. 15) montre :

- Le mois de novembre a été le plus pluvieux.
- Juillet a été le mois le plus sec.



**Figure 15:** Moyennes des précipitations mensuelles de la période (1984-2018)

Nous remarquons que la période sèche de la période 1984-2018 coïncide avec la saison estivale et se concentre toujours autour des mois de juillet et août.

### 3.2. Températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour les êtres vivants, le facteur climatique a été défini par Péguy (1970) comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable. L'une de nos préoccupations est de montrer l'importance des fluctuations thermiques dans l'installation et l'adaptation des espèces dans la région.

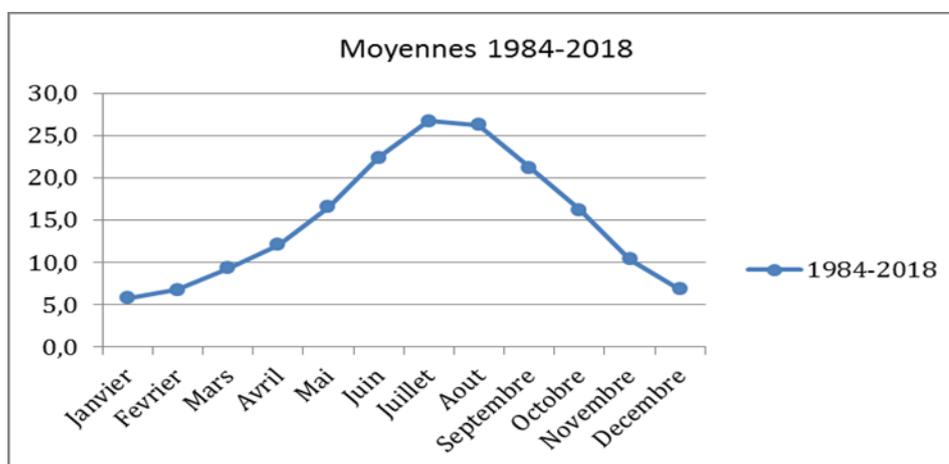
La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance des variables suivantes :

- Température moyenne mensuelle « T ».
- Température maximale « M ».
- Température minimale « m ».

#### a. Températures moyennes mensuelles

Les moyennes mensuelles ou trimestrielles sont fréquemment utilisées par les climatologues et fournissent des résultats plus significatifs (Quézel et Médail, 2003-b).

Les moyennes mensuelles des températures confirment que janvier est le mois le plus froid pour la période étudiée (5,8° C en moyenne). Les températures moyennes les plus élevées se situent au mois de juillet avec une moyenne 26,7°C (Fig. 16).



**Figure 16 :** Variation des moyennes mensuelles des températures de la période (1984-2018)

**b. Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud « M »**

La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M » représente aussi un facteur limitant pour certaines espèces. Pour notre station ces températures sont assez élevées durant la saison sèche ; 35,03°C au mois de juillet.

**c. Températures moyennes des minima du mois le plus froid « m »**

Dans la classification du climat, Emberger utilise la moyenne des minima du mois le plus froid « m » qui exprime le degré et la durée de la période critique des gelées. L'examen des températures nous a permis de signaler que le mois le plus rigoureux est celui de janvier. La moyenne des températures minimales de 1,06°C.

**4. Synthèse bioclimatique**

La synthèse climatique est une étape indispensable pour tout projet relatif à l'environnement. Les phénomènes climatiques concernés sont la température et la pluviosité.

L'estimation de ces paramètres permet d'aboutir à une interprétation efficace des indices, d'où l'intérêt de ces derniers dans la détermination du type de climat.

Avant de procéder aux calculs des indices, nous avons fait appel à d'autres classifications climatiques.

**4.1. Indice d'aridité de Martonne**

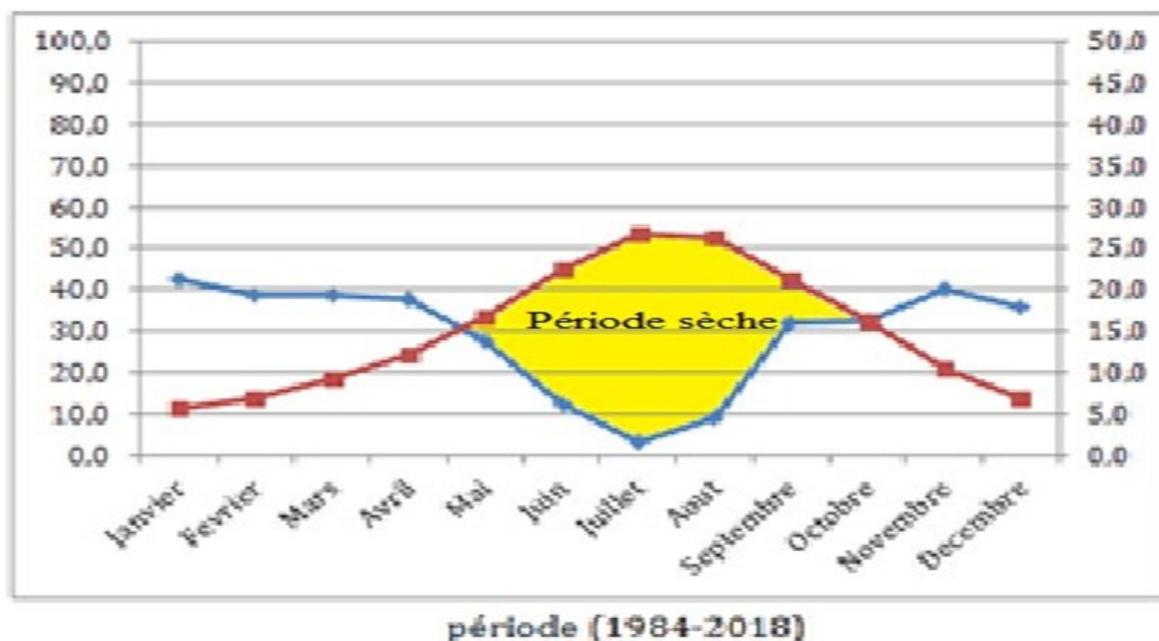
Les résultats des calculs de l'indice de Martonne de la station de la zone d'étude oscillent entre 10 et 20 appartenant au niveau du semi-aride à drainage temporaire durant la période (1984/2018) (Tab.11).

**Tableau 11** : Indice d'aridité de Martonne

Périodes	T (°C)	P	I	Type de climat
1984/2018	15	350	14	climat semi-aride.

#### 4.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Selon le diagramme ombrothermique (Fig. 17), la période sèche s'étale sur 5 mois de la mi-mai jusqu'à la mi-octobre et la période humide du mois d'octobre jusqu'à avril. Les mois de juin, juillet et août demeurent les mois les plus secs.



**Figure 17:** Diagramme ombrothermique de la wilaya de Tissemsilt (1984-2018)  
(Bounouira;2019)

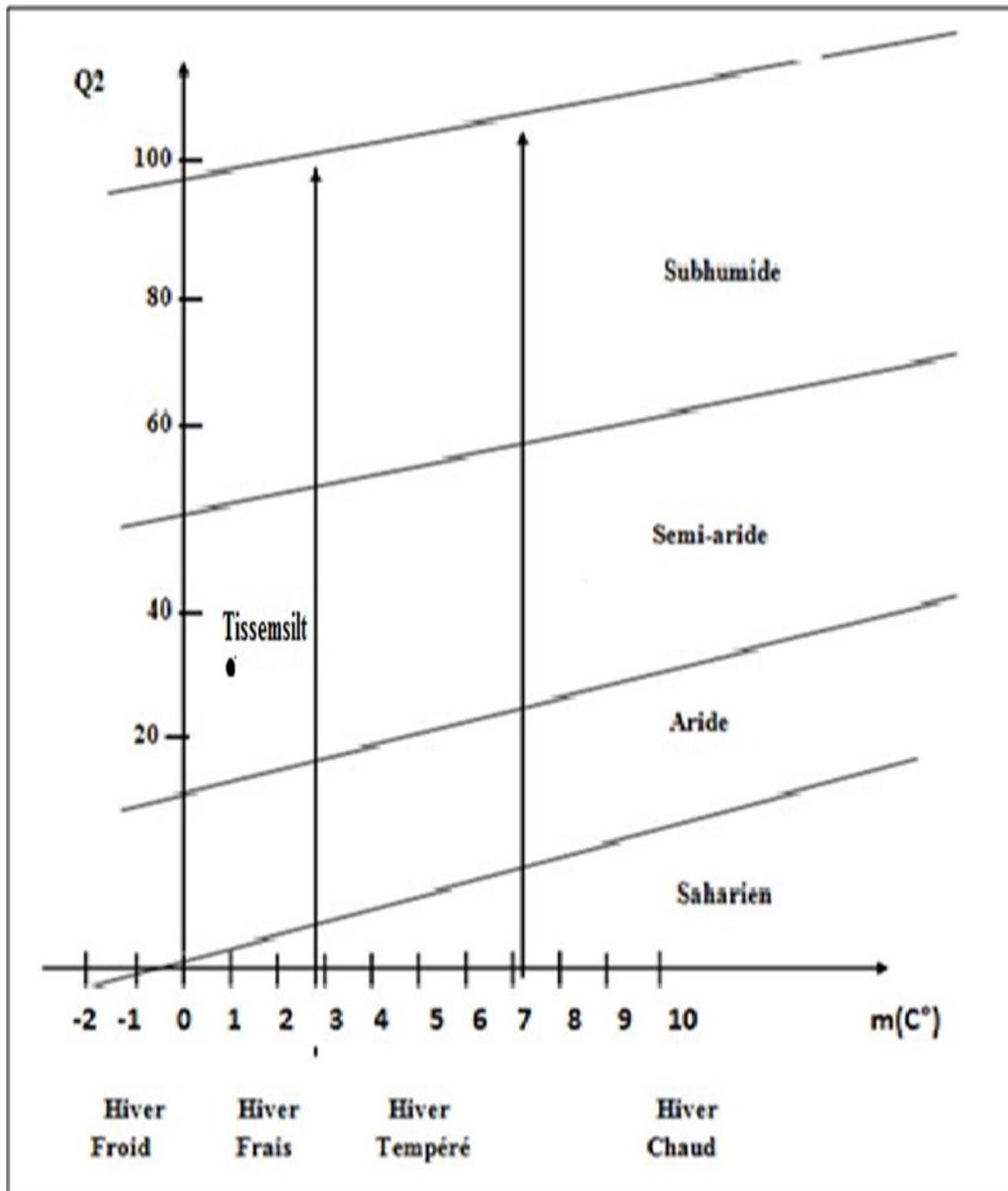
#### 4.3. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Nous avons calculé Q2 selon les méthodes d'Emberger (1955) et Stewart (1969) ; nous avons obtenu les résultats suivants (Tab.12) :

**Tableau 12 :** Quotient pluviométrique d'Emberger

Période	P	M	m	Q2
1984-2018	350	35,03	1,06	35,4

Sur le climagramme d'Emberger (Fig. 18), le  $Q_2$  de la région de Tissemsilt pour la période (1984-2018) est de 35,4. A cet effet, nous remarquons que l'étage bioclimatique de la région de Tissemsilt a subi une variation de l'étage bioclimatique du sub-humide moyen à hiver frais au semi-aride inférieur à hiver frais au cours de la période 1984-2018.



**Figure 18:** Climagramme pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ ) de la période (1984-2018) Station de Ain Bouchekif (Tiaret).

**PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE****1. Etude de la diatomite**

Dans notre travail, nous nous intéressons à un matériau local appelé la diatomite, qui est plutôt abondant en Algérie. La diatomite est aussi appelée kieselguhr, c'est une roche sédimentaire siliceuse, poreuse et friable formée entièrement ou presque de "squelettes" de diatomées.

Les terres de diatomées ont été prélevées de la zone de Bider (Tlemcen en Algérie). La composition de ce matériau a été déterminée par **Bounouira et al (2019)** qui a montré qu'il contient le coesite HP, silicium dioxyde (SiO<sub>2</sub>) à 77 %, Magnésium Oxyde (MgO) à 4.5 %, Potassium Oxyde (K<sub>2</sub>O) à 1.0 %, Calcium Oxyde (CaO) à 6.8 %, sulfure (VI) oxyde (SO<sub>3</sub>) à 0.6 %, phosphore (V) oxyde (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) à 1.0 %, fer(III) oxyde, hématite HP (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à 4.1 %, Vanadium Phosphure (PV) à 0.4 %, Phosphore Sulfure (P<sub>4</sub>S<sub>7</sub>) à 1.0 %, Titane Oxyde (TiO<sub>2</sub>) à 0.2 %, Aluminium Oxyde (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à 2 %, Phosphore (P) à 1,0 %, Sodium Oxyde (Na<sub>2</sub>O) à 0.4 %.

**2. Activité insecticide de la diatomite contre le *Trogoderma granarium***

L'objectif de cette étude est de tester l'effet insecticide de la diatomite sur le *Trogoderma granarium*.

Nous avons choisi d'étudier le *Trogoderma granarium* en raison des dommages importants qu'il cause aux céréales stockées, en particulier dans l'état de Tissemsilt, le blé a été choisi comme modèle viable pour cette étude.

Pour étudier l'activité insecticide de la diatomite contre le *Trogoderma granarium*, nous avons effectué nos essais au Laboratoire pédagogique de l'université de Tissemsilt.

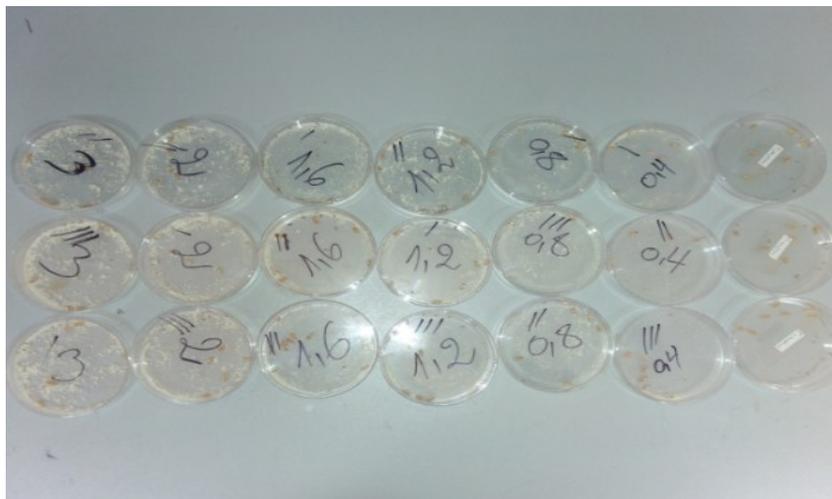
### 2.1 Collecte des insectes et bio-essais dans le laboratoire

Afin de tester l'activité biologique (insecticide) de la diatomite contre *Trogoderma granarium*, Nous avons pris des échantillons de blé infestés par le *Trogoderma granarium* de la coopérative des céréales et des légumes secs de Tissemsilt (CCLS). Nous avons conservé les insectes dans des sacs de plastique contiennent du blé pour assurer l'alimentation aux insectes.

### 2.2 Tests insecticides

Les insectes ont été exposés à la terre de diatomées à différentes concentrations : 0.0 mg ; 0.4mg ; 0.8mg ; 1.2mg ; 1.6mg ; 2mg et 3mg/cm<sup>2</sup> sur du papier filtre dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre, contient du blé pour fournir de la nourriture au *Trogoderma granarium*(Fig.19).

Toutes les larves expérimentales ont été mises en laboratoire à  $24^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , nous avons contrôlé leur taux de mortalité toutes les 24h jusqu'à 120h d'exposition.



**Figure 19 :** Bio-essais contre les *Trogoderma granarium* (original)

### 3. Méthodes d'analyse et d'exploitation des résultats

Une expérience biologique est une action, au moins partiellement contrôlée, sur tout ou une d'un matériel vivant, dont le résultat, décrit en terme quantitatif ou numérique, fait l'objet d'une interprétation (Lellouche et Lazar, 1974).

Les méthodes utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse de la variance (ANOVA) (analyse of variance), test de Tukey Kramer (HSD) et les concentrations létales (CL 90 et 50).

La mortalité a été calculée en regroupant le nombre des individus morts et vivants à chaque répétition (Dagnélie, 1975).

L'analyse des mesures répétées a été réalisée par population, avec un traitement de terres de diatomée comme effet principal et la mortalité des adultes comme variable de réponse. Les résultats obtenus ont été soumis au test de l'analyse de variance (ANOVA à 1 critère de classification). Lorsque cette analyse a révélé des différences significatives, elle a été complétée par le test de Tukey Kramer (HSD) au seuil  $\alpha = 0,05$  (Sokal et Rohlf, 1995).

Nous avons calculé les concentrations létales pour connaître les concentrations de terres de diatomée qui ont déterminé les mortalités de 50% et 90% pour la population des Agriotes. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS.

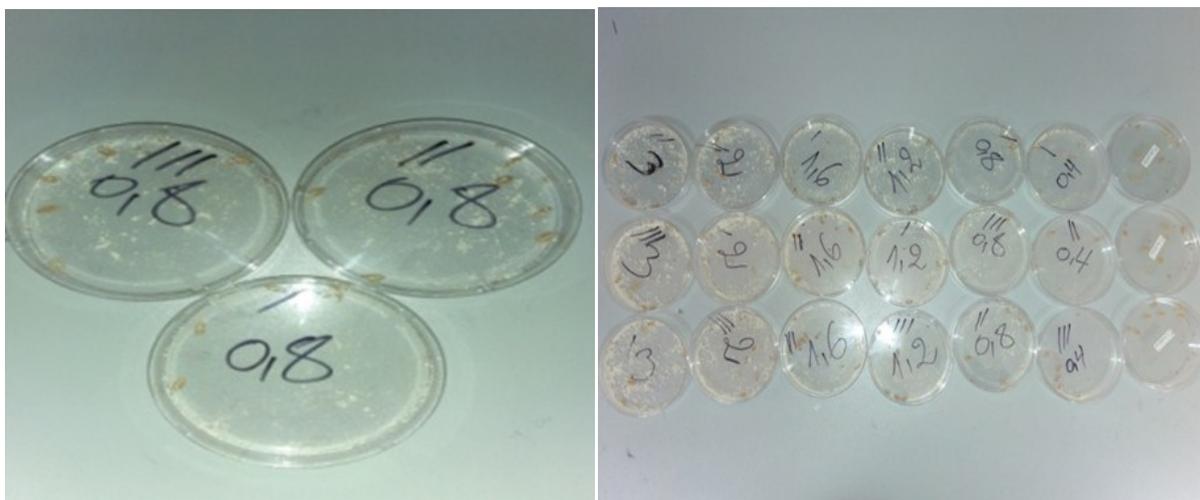
**CHAPITRE III**  
**RESULTATS ET DISCUSSION**

## RESULTATS

### 1. Impact de la diatomite sur les larves de *Trogoderma granarium*

La mortalité de la population des larves de *Trogoderma granarium* est hautement significative en fonction des doses et du temps ( $P < 0,0001$ ).

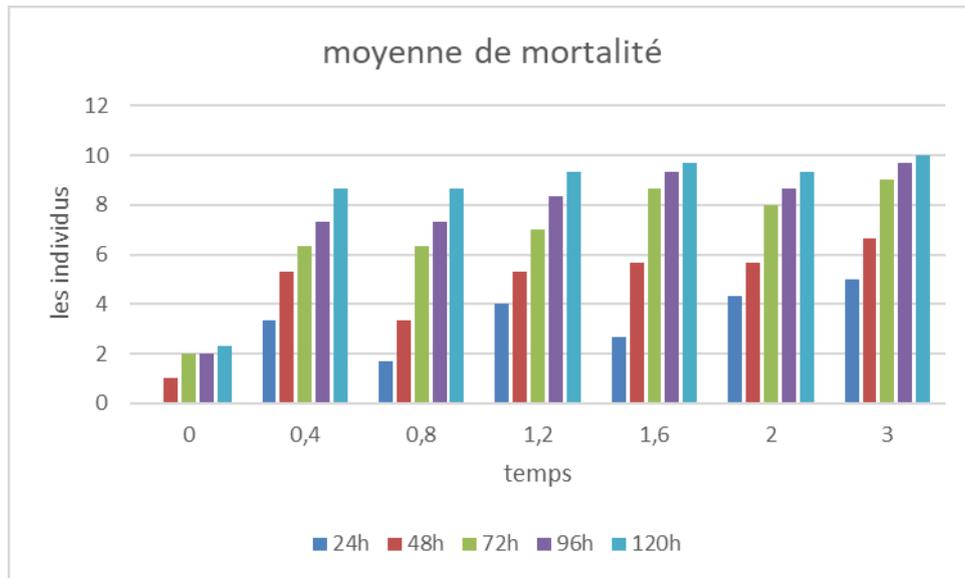
Nous savons par des travaux antérieurs que l'espèce des insectes ont des susceptibilités différentes à la TD (Rigaux *et al*, 2001), que la concentration de la TD affecte la mortalité et que les DE diffèrent dans leurs efficacités (Fields et Korunic, 2000).



**Figure 20** : Activités insecticide de la diatomite sur les larves de *T. granarium* (original)

### 2. Taux de mortalité moyenne de la population de *Trogoderma granarium*.

La figure suivante (Fig. 21) nous a montré que le taux de mortalité moyenne de la population de *Trogoderma granarium* augmente avec l'augmentation des concentrations et du temps pour atteindre son maximum (10 individus) avec la concentration 3 mg/cm<sup>2</sup> après 120h d'exposition à la diatomite. Cependant nous avons remarqué une moyenne de mortalité de 2,33 mg/cm<sup>2</sup> pour la population témoin.



**Figure 21** : Taux de mortalité moyenne de la population de *Trogoderma granarium*.

Par un test de Duncan nous avons comparé l'efficacité de différentes concentrations de la diatomite (TAB13), une efficacité similaire a été trouvée après 24h entre les concentrations 0,8mg, 1,6mg et 0,4 mg/cm<sup>2</sup> ; entre 1,2 et 2 mg/cm<sup>2</sup>. Une efficacité similaire entre les concentrations 0,4mg, 1,2mg, 1,6mg, 2mg et 3mg/cm<sup>2</sup> a été remarquée après 48h à l'exposition à la diatomite. Une efficacité similaire a été trouvée après 72h entre les concentrations 0,8mg, et 0,4 mg/cm<sup>2</sup>, entre 1,2 et 2 mg/cm<sup>2</sup>, aussi nous avons remarqué une efficacité similaire après 72h entre les concentrations 1,6 mg/cm<sup>2</sup> et 3 mg/cm<sup>2</sup>. Après 96h nous avons observé une efficacité similaire entre les concentrations 0,8mg, et 0,4 mg/cm<sup>2</sup>, 1,2 et 2 mg /cm<sup>2</sup>. Une efficacité similaire entre les concentrations 1,6mg et 3mg/cm<sup>2</sup>. Pour l'observation après 120h nous avons remarqué une efficacité similaire entre les concentrations 0,4mg, 0,8mg, 1,2mg, 1,6mg et 2mg/cm<sup>2</sup>.

**Tableau13** : Susceptibilité de populations des larves des chenilles aux différentes concentrations de la diatomite (TD)

	<b>Doses</b>	<b>Duncan Groupement</b>
<b>24h</b>	<b>0</b>	<b>A</b>
	<b>0,8</b>	<b>B</b>
	<b>1,6</b>	<b>B</b>
	<b>0,4</b>	<b>B</b>
	<b>1,2</b>	<b>C</b>
	<b>2</b>	<b>C</b>
	<b>3</b>	<b>D</b>
<b>48h</b>	<b>0</b>	<b>A</b>
	<b>0,8</b>	<b>B</b>
	<b>0,4</b>	<b>C</b>
	<b>1,2</b>	<b>C</b>
	<b>1,6</b>	<b>C</b>
	<b>2</b>	<b>C</b>
	<b>3</b>	<b>C</b>
<b>72h</b>	<b>0</b>	<b>A</b>
	<b>0,4</b>	<b>B</b>
	<b>0,8</b>	<b>B</b>
	<b>1,2</b>	<b>C</b>
	<b>2</b>	<b>C</b>
	<b>1,6</b>	<b>D</b>
	<b>3</b>	<b>D</b>
<b>96h</b>	<b>0</b>	<b>A</b>
	<b>0,4</b>	<b>B</b>
	<b>0,8</b>	<b>B</b>
	<b>1,2</b>	<b>B</b>
	<b>2</b>	<b>B</b>
	<b>1,6</b>	<b>C</b>
	<b>3</b>	<b>C</b>
<b>120h</b>	<b>0</b>	<b>A</b>
	<b>0,4</b>	<b>B</b>
	<b>0,8</b>	<b>B</b>
	<b>1,2</b>	<b>B</b>
	<b>2</b>	<b>B</b>
	<b>1,6</b>	<b>B</b>
	<b>3</b>	<b>C</b>

### 3. Estimation des valeurs de concentration létale (CL) pour la population des larves de

#### *Trogoderma granarium*

Nous avons calculé les concentrations létales pour préciser les concentrations des terres de diatomée qui déterminent les mortalités pour la population des larves de *Trogoderma granarium* en fonction du temps.

Le tableau 14 montre que la CL<sub>50</sub> de 0,160 et la CL<sub>90</sub> de 1,855 mg/cm<sup>2</sup>, et c'est pourquoi nous avons conclu que la terre de diatomée (TD) a un effet toxique très important sur la population des larves de *Trogoderma granarium*.

Le tableau suivant présente les concentrations létales pour notre terre de diatomée :

**Tableau 14 :** Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par TD sur les larves de *Trogoderma granarium*.

concentrations létales (CL)	Limites de confiance à 95 % pour Doses		
	Estimation	Borne inférieure	Borne supérieure
10	0,014	0,000	0,081
20	0,032	0,000	0,135
30	0,059	0,000	0,195
40	0,099	0,001	0,269
<b>50</b>	<b>0,160</b>	<b>0,004</b>	<b>0,365</b>
60	0,260	0,015	0,501
70	0,436	0,066	0,721
80	0,800	0,332	1,260
<b>90</b>	<b>1,855</b>	<b>1,189</b>	<b>7,253</b>

**DISCUSSION**

Dans cette étude, nous avons testé l'activité insecticide de la diatomite contre la *Trogodermagranarium*.

D'après nos résultats, la diatomite a un effet insecticide contre cette espèce. Les résultats de l'activité insecticide de la diatomite sur *Trogodermagranarium* nous a donné une CL50 de 0.160mg/cm<sup>2</sup> et CL90 de 1,855 mg/cm<sup>2</sup>.

Après plusieurs nos expériences de l'activité de la diatomite sur *Trogodermagranarium*, nous avons remarqué que le taux de mortalité des larves de *Trogodermagranarium* augmente avec l'augmentation des doses utilisées pour atteindre son maximum (10 individus) à la dose de 3mg/cm<sup>2</sup> après 120h d'exposition à la terre de diatomée.

L'activité de la diatomite sur les insectes est très importante parce que son action contre les insectes est entièrement mécanique, aucun résidu nocif n'est libéré pour pénétrer dans les systèmes digestifs d'autres formes de vie et, de plus, les insectes ne peuvent probablement pas développer de résistance à la terre de diatomées. (Ross, 1981).

En 1943, l'USDA, dans une étude contrôlée, a découvert que la terre de diatomées avait un taux de mortalité de 86% contre le charançon du pois. Une expérience non contrôlée, menée sur des champs de coton en Californie, indique que la terre de diatomées était plus efficace que les insecticides chimiques et que les rendements des cultures étaient significativement plus élevés dans les champs traités avec de la terre de diatomées. (Ross, 1981).

Glenn Moore, entomologiste chez Northrop King, est convaincu La terre de diatomées peut être utilisée dans les cultures comme insecticide (DeCrosta, 1979).

Selon BOUNOUIRA 2021, l'activité insecticide de la diatomite sur la cératite et les Agriotes a donné des résultats hautement significatifs.

Le même résultat est obtenu par LOT, (2020), montre que l'activité insecticide de la diatomite sur la chenille processionnaire a donné des résultats hautement significatifs.

les effets de la TD sur une vaste gamme de coléoptères ont été signalés par de nombreux travaux, dont *Rhyzopert dominica* (Fields et Korunic, 2000 ; *Tribolium*) *castaneum* (Rigaux *et al*, 2001 ; Stathers *et al*, 2002 ; Reza *et al*, 2012), *Tribolium confusum* (Mewis et Ulrichs, 2001), plusieurs espèces de *Sitophilus* (Fields et Korunic, 2000 ; Mewis et Ulrichs, 2001 ; Islam *et al*, 2010), *Callosobruchus maculatus* (Islam et al, 2010), *Plodia interpunctella* (Mewis et Ulrichs, 2001 ) et *Sitophilus zeamais* (Bounouira *et al*, 2019).

Pour comprendre la base de la variabilité, il était nécessaire de déterminer le mode d'action des poussières. Différentes théories ont été proposées: (1) l'élargissement superficiel du tégument suite à la déshydratation (Zacher et Kunicke, 1931); (2) l'altération du tube digestif (Smith, 1969); (3) le blocage des spiracles et des trachées (Webb, 1945); (4) ad- ou absorption des lipides de la cuticule (Ebeling, 1964) et / ou (5) endommagement de la couche de cire protectrice (Beament, 1945). Il s'agit d'un insecticide mécanique, les insectes ne peuvent pas développer une immunité ou une résistance au TD. Par conséquent, il peut être utilisé pour contrôler les insectes pendant une longue période sans la manifestation de la résistance aux insecticides qui est souvent signalée pour d'autres insecticides (Islam et Rahman, 2016).

Ces résultats nous permettent de proposer ce produit naturel comme alternative aux insecticides qui ont été utilisés jusqu'à présent pour lutter contre les insectes, ce qui serait mieux. Nous protégeons notre santé et notre environnement.

# **Conclusion et perspectives**

## Conclusion

---

Cette étude a contribué à la connaissance de l'activité biologique de la diatomite. Activité insecticide sur *Trogodermagranarium*.

Des résultats très importants ont été obtenus par notre expérience avec l'activité insecticide de la diatomite sur *Trogoderma granarium* nous avons obtenu des CL50 de 0,160 mg/ cm<sup>2</sup> et des CL90 de 1,855mg/ cm<sup>2</sup>.

La mortalité larvaire moyenne a augmenté en fonction des doses de diatomite. Atteindre le maximum (10 personnes par répétition) à une dose de 3 mg/ cm<sup>2</sup> après 120 heures quand on le met dans de la terre diatomée.

Cette étude est considérée comme un premier pas vers l'application d'une nouvelle technique et alternative de lutte contre les agents pathogènes des cultures, notamment les ravageurs des céréales stockées.

Nos résultats nous permettent de proposer ce produit naturel comme alternative aux pesticides chimiques qui mérite d'être reprise et développée pour mieux préserver nos produits stockés et notre santé.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

1. **Abdelaziz, O., & Senoussi, M. M. 2019.***Application des champignons entomopathogènes sur les pucerons du blé.*
2. **Ahmad, L. 2016.** *Stockage des céréales: L'Algérie doit développer ses capacités de stockage.*
3. **Ahmedani, M. S., Haque, M. I., Afzal, S. N., Naeem, M., Hussain, T., Naz, S, 2011.***Quantitative losses and physical damage caused to wheat kernel (Triticum aestivum L.) by khapra beetle infestation. – Pakistan Journal of Botany.*
4. **Arrow, G. J. 1917.***XLVII. —The Khaprabeetle (Trogoderma khapra, sp. n.), an Indian Grain-pest. Journal of Natural History, 19(114), 481-482.*
5. **Aziez, M., Hammadouche, O., Mallem, S., & Tacherifet, S. 2003.***Le guide pratique pour l'agréur céréales et légumineuses alimentaires. CNM Z, Algérie, 55p.*
6. **Azoui, H. 2015.** *Etude du comportement d'une collection de blés cultivés en Algérie vis-à-vis de quelques stress biotiques. Mémoire de magister en science agronomique, option: Production et amélioration des plantes. Université El Hadj Lakhdar, Batna: 75p.*
7. **BAHUCHET, Serge.2017.** *Les jardiniers de la nature.* Odile Jacob, 2017.
8. **Baji, M. 1999.** *Etude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur (Triticum durum Desf.): caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés in vitro (Doctoral dissertation, UCL-Université Catholique de Louvain).*
9. **Banks, H. J. 1994.** *Illustrated identification keys for Trogoderma granarium, T. glabrum, T. inclusum and T. variabile (Coleoptera: Dermestidae) and other Trogoderma associated with stored products.* Canberra, CSIRO.
10. **B ABBA, Issam et TOUHARI 2020,** *Merouane. Stockées Trogoderma granarium*
11. **Beal Jr, R. S. 1956.***Synopsis of the economic species of Trogoderma occurring in the United States with description of a new species (Coleoptera: Dermestidae). Annals of the Entomological Society of America, 49(6), 559-566.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

12. **Beal, R. S. 1954.** *Biology and taxonomy of the Nearctic species of Trogoderma (Coleoptera: Dermestidae). Biology and taxonomy of the nearctic species of Trogoderma (Coleoptera: Dermestidae).*, 10, 35-102.
13. **Beal, R. S. 1960.** *Descriptions, biology, and notes on the identification of some Trogoderma larvae (Coleoptera, Dermestidae)* (No. 1228). US Department of Agriculture.
14. **Beal, S. L., & Sheiner, L. B. 1982.** *Estimating population kinetics. Critical reviews in biomedical engineering*, 8(3), 195-222.
15. **Beament, J.W.L., 1945.** *The cuticular lipids of insects. Journal of Experimental Biology* 21, 115-131.
16. **Belanger Rb, Bowen Pa, Ehret Dl and Menzies Jg. 1995.** *Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. Plant Disease* 79: 329-336.
17. **Bessot, J. C., Metz-Favre, C., De Blay, F., & Pauli, G. 2011.** *Acariens de stockage et acariens pyroglyphides: ressemblances, différences et conséquences pratiques. Revue française d'allergologie*, 51(7), 607-621.
18. **Billel, O. 2016.** *Etude écophysiological de quelques variétés de blé dur (Triticum durum) cultivées en milieu semi-aride dans la région de Chenia (Bordj Bou Arreridj) (Doctoral dissertation).*
19. **Bolot, S., Abrouk, M., Masood-Quraishi, U., Stein, N., Messing, J., Feuillet, C., & Salse, J. (2009).** *The 'inner circle' of the cereal genomes. Current opinion in plant biology*, 12(2), 119-125.
20. **Bonjean, A. 2001.** *Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (Triticum aestivum L.). Dossier de l'environnement de l'INRA*, 21, 29-37p.
21. **Boudreau A et Ménard G., 1992-** *Le Blé : éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les Presses de l'université Laval., Canada., 439p.*
22. **Boulal, H., Zaghouane, O., El Mourid, M., & Rezgui, S. 2007.** *Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- 23. Bounouira Y., Gaouar-Benyelles N., Senouci H., M'saad-Guerfali M. 2019.** *Insecticidal efficacy of diatomaceous earth on larvae of *Agriotes lineatus* (Coleoptera; Elateridae), potato pests in Tissemsilt, Algeria., Fresenius Environmental Bulletin., Volume 28 No. 12A/2019 pages 9956-9962.*
- 24. Boutigny, A. L. 2007.** *Etude de l'effet de composés du grain de blé dur sur la régulation de la voie de biosynthèse des trichothécènes B: purification de composés inhibiteurs, analyse des mécanismes impliqués* (Doctoral dissertation, Bordeaux 1)
- 25. CHATZIMPIROS, Petros. Les empreintes environnementales de l'approvisionnement alimentaire: Paris, ses viandes et lait, XIX<sup>e</sup>-XXI<sup>e</sup> siècles. 2011.** *Thèse de doctorat. Paris Est.*
- 26. Chehat, F. 2007.** *Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM «Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation»* Alger, 7-9. Djerroun, A. (2009). *La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Nature et Technology, (1), 45.*
- 27. Coraf. 2007-** *Programmes de productivité agricole en Afrique de l'ouest. Plan de Gestion des pestes et pesticides. Rapport E1553., v 2. Dakar, p5-6.*
- 28. DeCrosta, A., 1979.** *Mother Nature's bug-killer, Org. Gard., 26: 38--44.*
- 29. Demolin, G., & Millet, A. 1981.** *Essais insecticides contre la Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF) Action comparative de différentes spécialités commerciales Bactospéine, Dipel, Thuricide et Dimilin. In Annales des sciences forestières (Vol. 38, No. 3, pp. 389-404). EDP Sciences.*
- 30. Doussinault, G., Kaan, F., Lecomte, C., & Monneveux, P. 1992.** *Les céréales à paille: présentation générale.*
- 31. Duke, E.L. ET Reimann, B.E.F. 1977.** *Chapter 3: ultrastructure of the diatom cell. - In: werner, D. (ed.) The Biology of Diatoms. Bot. Monogr. 13. Blackwell Sci. Publ., 65-109.*
- 32. Ebeling, W., 1964.** *Permeability of insect cuticle. In: Rockstein, M. (Ed.), The Physiology of Insecta, vol. III. Academic Press, New York, pp. 508-523.*
- 33. Falciatore, A., & Bowler, C. 2002.** *Revealing the molecular secrets of marine diatoms. Annual Review of Plant Biology, 53(29), 109–30.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

34. Feener Jr, D. H., & Brown, B. V. 1997. Diptera as parasitoids. *Annualreview of entomology*, 42(1), 73-97.
35. Feillet, P. 2000. *Le grain de blé: composition et utilisation*. Editions Quae.
36. Fields, P., Korunic, Z., 2000. *The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored product beetles*. *Journal of Stored Products Research* 36, 1-13.
37. Godon, B., & Bérot, S. 1991. *Les constituants des céréales: nature, propriétés et teneurs. In biotransformation des produits céréaliers*. Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
38. Gold C. 2002. *Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées periphytiques des cours d'eau. Approches expérimentales in situ et en laboratoire*. PhDthesis- univ bordeaux I Ecol Doc. Sciences des vivants, Géosciences et science de l' environnement, 175.
39. Hadaway A.B., 1956. *The Biology of the Dermestid Beetles, Trogoderma granarium Everts and Trogoderma versicolor (Creutz.)* \*. *Bulletin of Entomological Research* 46:781–796.-
40. Hinton H.E., 1945. *A monograph of the beetles associated with stored products, Vol. 1*. London, British Museum (Natural History). 443pp.
41. Haines, C. P. 1991. *Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification (a training manual)*. Nri.
42. Hassan, H, & Eddine, B 2018. *Effet insecticide de l'huile essentielle de Pittosporum tobira (Pittosporaceae) sur l'insecte ravageur du blé en post-récolte «Tribolium castaneum»(Herbst)*.
43. Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C., & Abecassis, J. 2007. *Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality*. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 327-347.
44. Hinton, H. A. 1945. *A Monograph of the beetle associated with stored products. Volume 1. A monograph of the beetles associated with stored products. Volume 1*.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

45. Hoagland, K.D., Rosowski, J.R., Gretz, M.R et Roemer, S.C. 1993. *Diatom extracellular polymeric substances: function, fine structure, chemistry and physiology. Journal of Hoagland, K.D., Rosowski, J.R., Gretz, M.R Phycology - 29: 537-566. Huchonetal.1970.*
46. Howe, R. W. 1957. *How much can the khaprabeetle spread in the USA?. Journal of economic entomology, 50, 374-375.*
47. Islam, M. S. and Rahman, M. M., 2016. *Diatomaceous earth-induced alterations in the reproductive attributes in the housefly Musca domestica L. (Diptera: Muscidae),. ElixirAppl. Zoology 96 (2016) 41241-41244.*
48. Islam, M.S., Hassan, M.M., Lei, C.L., Pelzer, T., Mewis, L.I. and Ulrichs, C., *Direct and admixture toxicity of diatomaceous earth and monoterpenoids against the storage pests Callosobruchus maculatus (F.) and Sitophilus oryzae (L.). J. Pest Sci., 2010. 83(2): 105-112.*
49. Islam, W., Noman, A., Akutse, K. S., Qasim, M., Ali, H., Haider, I., & Khan, K. A. 2021. *Phyto-derivatives: an efficient eco-friendly way to manage Trogoderma granarium (Everts)(Coleoptera: Dermestidae). International Journal of Tropical Insect Science, 41(2), 915-926.*
50. Kamel, S. A., & Elkassaby, F. Y. 1965. *Relative resistance of cotton varieties in Egypt to spider mites, leafhoppers, and aphids. Journal of Economic Entomology, 58(2), 209-212.*
51. KARAHACANE, T. 2015. *Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte (Doctoral dissertation, ENSA).*
52. KEBDANI M., 2017. *Identification des souches locales de Bacillus thuringiensis en vue d'une lutte biologique contre Ceratitis capitata et autres pathogènes de l'oranger Citrus sinensis. Thèse de doctorat Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. pp.116.*
53. KHADIDJA, A. 2018. *Etude de la variabilité génétique et de potentialité d'adaptation chez Artemisia herba-alba dans la steppe de l'Ouest Algérien (Doctoral dissertation, UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES).*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- 54. Khayra, R., & Yamina, D. 2019.***Effet insecticide par inhalation de l'huile essentielle des feuilles de Mentha pulegium sur l'insecte ravageur de blé en post-récolte «Tribolium castaneum» (Herbst.*
- 55. Kingsolver, J. M. 1991.** *Dermestidbeetles (Dermestidae, Coleoptera). Insect and Mite Pests in food. An illustrated keys, 1, 115-135.*
- 56. Kooistra, W. et Medlin, L.K. 1996.** *Evolution of the diatoms (Bacillariophyta).4. Reconstruction of their age from small subunit rRNA coding regions and the fossil record. Molecular Phylogenetics and Evolution, 6(3): 39.*
- 57. Korunic, Z., 1997a.***Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earth swith out conducting bioassays. Journal of Stored Products Research 34, 1±11.Citrus sinensis. Thèse de Doctorat University Abu-Bakr Belk aid, Tlemcen.pp.116.*
- 58. Korunic, Z., 1997b.** Diatomaceous earth, a group of Natural insecticides. Journal of Stored Products Research 34, 87±97.
- 59. Kroger N., Lorenz S., Brunner E., and Sumper M. 2002.** *Self-Assembly of Highly Phosphorylated Silaffins and Their Function in Biosilica Morphogenesis.Science298, 584-586.*
- 60. L'ing M D, Gatarayiha M C and Adandonon A, 2006.** *Silicon use for pest control in agriculture: a review. Proc S Afr Sug Technol Ass 80, p 107.*
- 61. Lawrence, J. F. 1999.** *Beetlelarvae of the world descriptions, illustrations, identification, and information retrieval for families and sub-families: version 1.1 for Microsoft® Windows®. Csiro.*
- 62. Leonard S. et Ngamo T -Conseil phytosanitaire interafricain.** *Bulletin d'information phytosanitaire. Ed. F.A.O Rome N: 44-58p.*
- 63. Ma J.F. and Takahashi E. 2002.** *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.*
- 64. Martin, J. C., & Mazet, R. 2001.***Lutte hivernale contre la processionnaire du pin. Possibilité d'utilisation du Bacillus thuringiensis K. Phytoma la Défense des Végétaux, (540), 32-35.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

65. **Meradi H, 2009.** *Synthèse et Caractérisation d'une Poudre Thermo protectrice à 1600 °C., Mémoire de magister Université Badji Mokhtar, Annaba. pp.75.*
66. **Mewis, I., Ulrichs, C. 2001.** *The action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests Tribolium confusum, Tenebrio molitor, Sitophilus granarius and Plodia interpunctella. J Stored Prod Res. 37(2), 153-164.*
67. **Meyer JH and Keeping MG 2005.** *Impact of silicon in alleviating biotic stress in sugarcane in South Africa. Sugarcane International 23: 14-18.*
68. **Mosli S., 2005.** *Ecologie des pontes et des nids de la processionnaire du pin Thaumetopoea pityocampa Denis et Schiffmuller (lépidoptère, Thaumetopoeidae) dans la cédraie du parc national de chréa, et dans la région de Djelfa. Th.ing.Sci.Agro. INA. 59 p.*
69. **OEPP/EPPO, 1981.** *Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes. Fiches informatives sur les organismes de quarantaine No. 121, Trogoderma granarium. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 11 (1).*
70. **Okumura, G. T., & Blanc, F. L. 1955.** *Key to species of Trogoderma and to related genera of Dermestid commonly countered in stored grain in California. California Legislature Joint Interim Committee on Agricultural and Livestock Problems, Special Report on the Khapra Beetle, Trogoderma granarium, 87-89.*
71. **Pauli, G., & Bessot, J. C. 2013.** *Les acariens: biologie, écologie et actualités des allergènes moléculaires. Revue Française d'Allergologie, 53, 45-58.*
72. **Peacock, E. R. 1993.** *Adults and larvae of hide, larder, and carpet beetles and their relatives (Coleoptera: Dermestidae) and of Derodontid beetle (Coleoptera: Derodontidae). Royal Entomological Society of London.*
73. **Pilon R., Mazerand C., 1988.** *La meunerie. Techniques des fabrications. Contrôle analytique. Ed. Louis David. Sajaltie; pp 172.*
74. **Pomeranz, Y. 1987.** *Cereal Crops—general. Modern cereal science and technology. Edited by Pullman WA: VCH publishers, New-York, USA, 14-23.*
75. **Priesner, H. 1951.** *New Genera and Species of Scelionidae. Bulletin, 1(2), 119.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

76. **Rees, B. E. 1943.** *Classification of the Dermestidae (larder, Hide, and Carpet Beetles) Based on Larval Characters: With a Key to the North American Genera (No. 511).* US Department of Agriculture.
77. **Reza, A.M.S., Hossain, M.M., Parween, S. 2012.** *Repellent action of diatomaceous earth against the adult red flour beetle Tribolium castaneum (Herbst).* *J Sci Res.* 4(3), 783-788.
78. **Rigaux, M., Haubruge, E., Fields, P.G., 2001.** *Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of Tribolium castaneum.* *Entomologia Experimentalis et Applicata* 101, 33-39.
79. **Ross, T. E. 1981.** Diatomaceous earth as a possible alternative to chemical insecticides. *Agriculture and Environment*, 6(1), 43-51.
80. **Round, F.E., Crawford, R.M. ET Mann, D.G. 1990.** *The Diatoms. Biology & morphology of the genera.* - Cambridge Univ. Press Ed.
81. **Sbadji, M. 1997.** *Contribution à l'étude de la perte de croissance de Cedrus atlantica MANETTI suite aux attaques de la processionnaire du pin Thaumetopoea pityocampa SCHIFF (Doctoral dissertation, Thèse Magister en sciences agronomiques, spécialité: foresterie et protection de la nature, INA (1997), 116p).*
82. **Sinha A.K. et Sinha K.K., 1990.** Insect pests, *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in stored wheat: A survey at North Bihar (India). *Journal of Stored Products Research*, 26(4):223–226.
83. **Smith, B.C. 1969.** *Effects of silica on the survival of Cleome gillamacul at lengi (Coleoptera: Coccinellidae) and Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera: Chrysomelidae).* *Can Entomol.* 101, 460-462.
84. **Soejarto D., Farnsworth N R., 1989-** *Tropical rainforests: potential sources of new drugs.* *Perspectives in biology and Medicine* .32:244-258
85. **Soumia, S, & Iman, T, 2019.** *L'étude des champignons phyto-pathogènes du blé tendre (Triticum aestivum) de la région de Bordj Bou Arreridj (Doctoral dissertation).*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

86. Šramková, Z., Gregová, E., & Šturdík, E. 2009. *Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. Act Chimica Slovaca*, 2(1), 115-138.
87. Stathers, T. E., B. M. Mvumi., Golob, P. 2002. *Field assessment of the efficacy and persistence of diatomaceous earths in protecting stored grain on small-scale farms in Zimbabwe. Crop Protection* 21: 1033-1048.
88. Stathers, T. E., Chigariro, J., Mudiwa, M., Mvumi, B. M., & Globe, P. 2002. *Small-scale farmer perceptions of diatomaceous earth products as potential stored grain protectants in Zimbabwe. Crop protection*, 21(10), 1049-1060.
89. Sumper M. 2002. *A phase separation model for the nanopatterning of diatom biosilica. Science*, 295, 2430-2433.
90. Taïbi Y., 2001. *Influence de la température de traitement sur les propriétés Physicochimiques du système kieselguhr kaolin; Mémoire de magister, département de Métallurgie et génie des matériaux, université de Annaba.*
91. VIOLLET, Pierre-Louis. *L'hydraulique dans les civilisations anciennes: 5000 ans d'histoire.* Presse des Ponts, 2004
92. Webb, J.E., 1945. *The penetration of Derris through the spiracles and cuticle of Melophagus ovinus, L. Bulletin of Entomological Research* 36, 15-22.
93. Zacher, F., Kunike, G. 1931. *Contributions to the knowledge of stock pests. Investigations on the insecticidal effect of oxides and carbonates (in German). Arb BiolReichsan.* 18, 201-231.
94. Zurzolo, C., & Bowler, C. 2001. *Exploring bioinorganic pattern formation in diatoms. A story of polarized trafficking. Plant Physiology*, 127(December), 1339–1345.

**ملخص:** عادة ما تهاجم الحشرات الطعام بعد الحصاد. تحدث الخسائر الأكثر أهمية بسبب أنواع مختلفة من الخنافس، حرشفي الأجنحة والعت، فيما يتعلق باستخدام مبيدات الآفات الاصطناعية التي تنذر بالخطر. استخدام المبيدات الحشرية الكيميائية ضد الآفات الغذائية المخزنة مثلًا لقمح يمكن أن يسبب مشاكل خطيرة للغاية على صحة الإنسان والبيئة. هذه الدراسة هي مساهمة في معرفة النشاط البيولوجي للدياتوميت، وهو مبيد حشري في *Trogoderma granarium*. ولتقييم الجرعات المميتة والأوقات المميتة في الأفراد البالغين. أظهرت النتائج أن الدياتوميت له نشاط مبيد حشري على البالغين في *Trogoderma granarium* حيث تختلف لوفيات وفقًا للجرعات والأوقات. لقد حصلنا على LC50 بقيمة 0.160 و LC90 يبلغ 1.855 مجم / سم<sup>2</sup>، وهذا هو السبب في أننا خلصنا إلى أن التراب الدياتومي (DE) له تأثير سام قوي جدا على مجموعات ليرقات من *Trogoderma granarium*. تسمح لنا النتائج التي تم الحصول عليها بالتوصية باستخدام التراب الدياتومي كمبيد طبيعي وبديل للمبيدات الحشرية لحماية وضمن صحة المستهلكين وبيئتهم.

**الكلمات المفتاحية:** الدياتوميت، *Trogoderma granarium*، القمح، حشرة.

**Résumé :** Les denrées alimentaires sont habituellement attaquées par les insectes en post récolte. Les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens, en relation avec l'utilisation des pesticides synthétiques qui sont alarmants. L'utilisation d'insecticides chimiques contre les ravageurs des produits alimentaires stockés tels que le blé peut causer des problèmes très dangereux sur la santé humaine et l'environnement. Cette étude est une contribution à la connaissance de l'activité biologique de la diatomite, insecticide sur *Trogoderma granarium*. Et d'évaluer les doses létaux et les temps létaux sur les individus adultes.

Les résultats montrent que la diatomite a une activité insecticide sur les adultes de *Trogoderma granarium* où les mortalités varient en fonction des doses et des temps. Nous avons obtenu une CL50 de 0,160 et une CL90 de 1,855 mg/cm<sup>2</sup>, c'est pourquoi nous avons conclu que la terre de diatomées (DE) a un très fort effet toxique sur les populations larvaires de *Trogoderma granarium*.

Les résultats obtenus nous permettent de recommander l'utilisation de la terre de diatomée comme pesticide naturel et alternative aux insecticides pour protéger et assurer la santé du consommateur et son environnement.

**Mots clés :** la diatomite, *Trogoderma granarium*, le blé, Insecte.

**Abstract:** Food is normally attacked by insects post-harvest. The most significant losses are caused by different species of beetles, Lepidoptera and mites, in relation to the use of synthetic pesticides which are alarming. The use of chemical insecticides against stored food pests such as wheat can cause very dangerous problems for human health and the environment. This study is a contribution to the knowledge of the biological activity of diatomite, an insecticide on *Trogoderma granarium*. And to assess lethal doses and lethal times in adult individuals. The results demonstrated that diatomite has an insecticidal activity on adults of *Trogoderma granarium* where mortalities vary according to doses and times.

We obtained an LC50 of 0.160 and an LC90 of 1.855 mg/cm<sup>2</sup>, which is why we concluded that diatomaceous earth (DE) has a very strong toxic effect on the larval populations of *Trogoderma granarium*. The results obtained allow us to recommend the use of diatomaceous earth as a natural pesticide and alternative to insecticides to protect and ensure the health of consumers and their environment.

**Keywords:** diatomite, *Trogoderma granarium*, wheat. Bug.