

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : science de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques  
Département : Biologie  
Spécialité : Biologie Moléculaire et Cellulaire

### Intitulé

Evaluation de l'activité insecticide de bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ )  
chez un insecte à intérêt médical *Blattella germanica* (L.)

#### Présenté par

Mr. Ghermoul Abdelouadoud  
Mr. Fadlia Ahmed  
Mr. Siga Moussa Morou Abdoul-Nasser

#### Devant les membres de jury

Dr. Benteboula Moncef	Président	Université de Guelma
Dr. Guettaf Mohamed	Examineur	Université de Guelma
Dr. Messiad Rouhia	Promotrice	Université de Guelma

Année universitaire : 2019/2020

## *Remerciements*

*En premier lieu nous remercions dieu le tout puissant pour nous avoir donné le courage et la patience d'aller jusqu'au bout du rêve de mener à bien ce modeste travail.*

*Nos plus vifs remerciements et toute notre considération au jury, monsieur le président Benteboula Moncef et monsieur l'examineur Guttaf Mouhamed, de qui ont bien voulu accepter d'être membres de ce jury et de nous faire l'honneur de juger cette présente étude. On leurs témoignent nos sentiments de considération et de respect, pour leurs remarques précieuses.*

*Nos sincères remerciements, et notre profonde gratitude à Madame le docteur Messiad Rouhia. Qui fut pour nous une promotrice de thèse attentif et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance nous ont beaucoup appris. Ils ont été et resteront, des moteurs de notre travail de chercheurs. On la prie d'accepter l'expression de notre respect et de notre profonde considération.*

*Nos Profonds remerciements vont également à M<sup>elle</sup> Louiza, la responsable de laboratoire de botanique de faculté science de la nature et de la vie pour son aide et sa gentillesse tout au long de notre stage. Qui a toujours veillé à ce que on dispose de bonne condition de travail et d'avoir des heures interminables au labo aussi agréable que possible.*

*Nos sérieux remerciements vont autant à l'ensemble des enseignants de la faculté de Biologie, qui ont contribué à notre formation.*

*Enfin, on remercie tous ceux ou celles qui, ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

## *Dédicaces*

*On dédie ce modeste travail,*

*A toute nos familles notamment, nos parents qui rien au monde ne pourra compenser tous les sacrifices qu'ils ont consenti pour notre bien et pour notre éducation.*

*A nos frères, Oudou Moussa, Abdoul-Razak, Abdoul-Hamid, Ibrahim Moussa, Hatem, Ali, Rami, Kheiri, Noureddine et Moufid.*

*A nos sœurs, Maimouna, Fadjimata, Soumaya, Rayen, Wallaa, Hanane, Houria, Chafika et Wahida.*

*A toutes nos amies : Mahdi, Yaakoub, Seif Allah, Bilel, Boucbacar et tous nos collègues de la promotion de Biologie Moléculaire et Cellulaire de l'année universitaire 2019-2020.*

*A tous ceux que nous aimons et ceux qui nous aiment.*



*Mr. Ghermoul Abdelouadoud*

*Mr. Fadlia Ahmed*

*Mr. Siga Moussa Morou Abdoul-Nasser*

## Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

### Partie 01 : Revues bibliographiques

<b>Chapitre I : Présentation du bicarbonate de sodium.</b>	<b>1</b>
<b>I.1. Historique.</b>	<b>1</b>
<b>I.2. Appellations.</b>	<b>1</b>
<b>I.3. Propriétés physico-chimiques.</b>	<b>1</b>
<b>I.4. Production et synthèse.</b>	<b>3</b>
I.4.1. Principe du procédé de Nicolas Leblanc (Chimiste Français, 1742-1806).	4
I.4.2. Principe du procédé de Ernest Solvay (chimiste bruxellois, 1838 – 1922).	5
<b>I.5. Types de bicarbonate de sodium.</b>	<b>6</b>
I.5.1. Le bicarbonate de soude technique.	6
I.5.2. Le bicarbonate de soude pharmaceutique.	6
I.5.3. Le bicarbonate de soude alimentaire.	6
<b>I.6. Utilisations.</b>	<b>6</b>
I.6.1. Usage domestique.	7
I.6.1.1. Hygiène et soins du corps.	7
I.6.1.2. Produit d'entretien à la maison.	7
I.6.1.3. Au jardin.	7
I.6.3. Usage médical.	8
I.6.4. Lutte contre les incendies.	8
I.6.5. Usage contre les nuisibles.	8
<b>Chapitre II : Présentation de <i>Blattella germanica</i>.</b>	<b>10</b>
<b>II.1. Introduction.</b>	<b>10</b>
<b>II.2. Origine et répartition géographique de <i>Blattella germanica</i>.</b>	<b>10</b>
II.2.1. Répartition géographique de <i>Blattella germanica</i> en Algérie.	11
<b>II.3. Taxonomie de <i>Blattella germanica</i>.</b>	<b>12</b>
<b>II.4. Description de <i>Blattella germanica</i>.</b>	<b>13</b>

<b>II.5. Cycle biologique.</b> .....	<b>15</b>
II.5.1. Le stade œuf.....	16
II.5.2. Le stade larvaire (Nymphes).....	16
II.5.3. Le stade adulte. ....	17
<b>II.6. Méthodes de lutte.</b> .....	<b>18</b>
II.6.1. Lutte chimique. ....	18
II.6.2. Lutte biologiques.....	19
II.6.2.1. Les bactéries. ....	19
II.6.2.2. Les virus.....	20
II.6.2.3. Les champignons.....	20
II.6.2.4. Les protozoaires.....	20
II.6.2.5. Ennemis naturels. ....	20
II.6.2.6. Les nématodes entomopathogènes.....	21
II.6.2.7. Bio-insecticide d'origine végétale.....	21
II.6.3. La lutte physique. ....	22

## **Partie 02 : patrie expérimentale**

<b>Chapitre III : Matériel et méthodes.</b> .....	<b>23</b>
<b>III.1. Objectif de travail.</b> .....	<b>23</b>
<b>III.2. Matériel.</b> .....	<b>23</b>
III.2. 1. Matériel biologique.....	23
III.2. 2. Matériel chimique. ....	23
<b>III.3. Méthodes.</b> .....	<b>24</b>
III.3.1. Méthode de prélèvement. ....	24
III.3.2. Elevage en Laboratoire. ....	25
III.3.3. Préparation de la substance chimique de bicarbonate de soude.....	26
III.3.4. Traitement des insectes et tests de toxicité. ....	26
III.3.4.1. Traitement des insectes.....	26
III.3.4.2. Tests de toxicité. ....	26
III.3.4.2.1. Le calcul de la mortalité observée.....	26
III.3.4.2.2. Le calcul de la Mortalité corrigée. ....	27
III.3.4.2.3. Transformation angulaire.....	27

III.3.4.2.4. Analyse des probits.....	27
III.3.4.2.5. Le calcul des intervalles de confiance.....	27
<b>III.4. Analyse statistique.....</b>	<b>28</b>
<b>IV. Résultats.....</b>	<b>29</b>
<b>IV.1. Toxicité de bicarbonate de sodium à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> et détermination des DL50 et DL90.....</b>	<b>29</b>
IV.1.1. Après 24 h de traitement.....	29
IV.1.2. Après 48 h de traitement.....	31
IV.1.3. Après 72 h de traitement.....	32
IV.1.4. Après 96 h de traitement.....	34
IV.1.5. Après 120 h de traitement.....	35
<b>IV.2. Détermination des TL50 et TL90 de bicarbonate de sodium chez les adultes de <i>B. germanica</i>.....</b>	<b>37</b>
IV.2.1. Après traitement à 400 mg/insecte.....	37
IV.2.2. Après traitement à 450 mg/insecte.....	37
IV.2.3. Après traitement à 600 mg/insecte.....	38
IV.2.4. Après traitement à 800 mg/insecte.....	38
<b>Discussion.....</b>	<b>39</b>
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>42</b>
<b>Résumé :.....</b>	<b>43</b>
Français.....	43
Anglais.....	44
Arabe.....	45
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>46</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>62</b>

## Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Formule chimique du bicarbonate de sodium.	2
2	Bicarbonate de sodium.	2
3	Schéma simplifié le procédé de de Nicolas Leblanc.	4
4	Schéma simplifié le procédé de Solvay.	5
5	Carte résumant les premiers signalements de <i>B. germanica</i> autour du monde.	11
6	Vue dorsale et ventrale d'un adulte mâle de <i>B. germanica</i> ..	14
7	Adultes de <i>B. germanica</i> , A : Femelle vue dorsale, B : Femelle vue ventrale, C : Adulte nouvellement exuvie.	14
8	Cycle de vie de <i>B. germanica</i> .	16
9	Morphologie des différents stades de <i>B. germanica</i> .	17
10	Quelques modèles de piège.	22
11	Lieu de collection de blattes dans les bâtiments.	24
12	Piège pour capter des cafards.	25
13	Elevage de <i>B. germanica</i> en laboratoire.	25
14	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 24 heures de traitement.	30
15	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 48 heures de traitement.	31
16	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 72 heures de traitement.	33
17	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 96 heures de traitement.	34
18	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 120 heures de traitement.	36

## Liste de tableaux

N°	Titre	Page
1	Caractéristiques des propriétés physico-chimiques du bicarbonate de sodium.	3
2	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 24 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	30
3	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 48 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	32
4	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 72 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	33
5	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 96 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	35
6	Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 120 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	36
7	Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 400 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	37
8	Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 450 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	37
9	Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 600 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	38
10	Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 800 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> .	38



**Liste des abréviations :**

- IGDs :** Les perturbateurs de croissance des insectes
- AChE :** Acétylcholinestérase
- B. germanica* :** *Blattella germanica*
- JH :** Hormone juvénile
- L1 :** premier stade larvaire.
- L2 :** deuxième stade larvaire.
- L3 :** troisième stade larvaire.
- L4 :** quatrième stade larvaire.
- DNV :** Densovirus
- FCV :** *Calicivirus félin*
- CaCO<sub>3</sub> :** Carbonate de calcium
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> :** Carbonate de sodium
- NaHCO<sub>3</sub> :** Bicarbonate de sodium
- SDS :** Dodécyl sulfate de sodium
- SMP :** Métaperiodate de sodium
- CaS :** Sulfure de calcium
- DL 50 :** Dose létale qui tue 50% de la population
- DL90 :** Dose létale qui tue 90% de la population
- CL50 :** Concentration létale qui tue 50% de la population
- TL50 :** temps léthal au bout duquel on pourrait avoir une mortalité de 50 % de population
- TL90 :** temps léthal au bout duquel on pourrait avoir une mortalité de 90% de population
- HSD :** Honest significative différence
- IC :** Intervalle de confiance
- MC % :** Pourcentage de mortalité corrigée.
- OILB :** Organisation internationale de la lutte biologique
- R<sup>2</sup> :** Coefficient de corrélation
- S :** Slope
- m ± s :** Moyenne ± Ecart type.

# ***Introduction générale***

## ***Introduction générale.***

Les capacités reproductrices des insectes, souvent impressionnantes, leur ont permis de devenir le groupe zoologique le plus abondant et le plus varié du règne animal. Afin de s'adapter à leur environnement, les insectes ont développé plusieurs stratégies comportementales et physiologiques. Avec un million d'espèces dénombrées, les insectes jouent un rôle considérable dans l'équilibre biologique de la nature. L'homme les qualifie d'espèces utiles (Abeilles) ou ravageurs aux cultures (Crickets), forêts (Chenilles) ou encore nuisible à la santé, comme les moustiques ou les Blattes (Ebeling, 1978). Les Blattes, appartenant à l'ordre des dictyoptères et appelées également cancrelats ou cafards, sont à l'image de ces adaptations. En effet, cet arthropode dépourvu d'ailes est apparu à l'époque silurienne (Elie, 1998) âgé de chaleur torride et d'humidité étouffante. Cette persistance à travers les siècles, le cafard la doit tout d'abord, à sa remarquable facilité d'adaptation alimentaire car omnivore, il s'accommode à tous les régimes (Gordan, 1996).

Par ailleurs, les Blattes se caractérisent par une photophobie et un important pouvoir de fécondité (Hasche & Zumofen, 1999). Parmi les 4000 espèces recensées à ce jour, seule une vingtaine sont inféodées à l'homme et considérées comme nuisibles car ils posent de sérieux problèmes de santé (Peterson & Shurdut 1999, kramer & brenner 2009). Les espèces les plus courantes, qui sont adaptées aux conditions de vie urbaine et qualifiées de domestiques (Garfield, 1990) ; sont *Periplaneta americana* (Cornwell, 1968), *Blattella orientalis* (Cornwell, 1976), *Supella longipalpa* (Gordon, 1968) et *Blattella germanica* (Guillaumin *et al.*, 1969).

En effet les Blattes sont susceptibles de transporter des agents pathogènes pour l'homme (Rivault *et al.*, 1993 ; yang *et al.*, 2019) et constituent ainsi un important problème en terme d'hygiène et de santé publique (Davari *et al.*, 2017, Nasirian 2017 ; Nasirian & Salehzadeh 2019). Les Blattes se trouvent souvent à l'origine d'allergies (Rust *et al.*, 1995 ; Santos *et al.*, 2020) et leur présence peut déclencher des crises d'asthme (Stankus *et al.*, 1990 ; Hasche & Zumofen, 1999 ; Patel & Meher 2016 ; Pomés *et al.*, 2017) et transmettre aussi des maladies infectieuses comme l'hépatite (Lai, 2017 ; Turturice *et al.*, 2017), le choléra (Wannigama *et al.*, 2013 ; Kassiri *et al.*, 2018) et la tuberculose (Gordon, 1996). La Blatte germanique est l'espèce la plus répandue sur la planète et aujourd'hui, encore, elle continue à étendre son aire de distribution ; elle est responsable de 90% des infestations rapportées (Elie, 1998).

La lutte intégrée contre les Blattes, et spécialement *B. germanica*, a longtemps été représentée par l'utilisation des insecticides conventionnels (Organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthriinoïdes). Néanmoins, leur utilisation prolongée, leur non spécificité ainsi que leur rémanence, ont provoqué d'énormes altérations dans l'environnement (Kristensen *et al.*, 2005 ; Sawczyn *et al.*, 2012 ; Wu & Appel, 2017 ; Yang *et al.*, 2019). Mais également l'apparition de phénomènes de résistance chez les organismes visés (Rahayu *et al.*, 2016 ; Naqqash *et al.* 2016 ; Liang *et al.*, 2017, Wu & Appel 2017 ; De-Vries *et al.*, 2019). Ainsi, et suite à l'intérêt progressif pour la protection de l'environnement, il est devenu important de proposer de nouvelles molécules qui préservent les écosystèmes (Swanton *et al.*, 2011 ; Wu & Appel 2017 ; De-Vries *et al.*, 2019).

Le phénomène de résistance chez les Blattes et notamment *B. germanica* représente un énorme problème dans le contrôle de ce fléau (Kristensen *et al.*, 2005). En conséquence, la recherche de méthodes alternatives de lutte et le développement de molécules efficaces, moins harmonieux de l'environnement et pouvant annihiler ce fléau ont donné naissance à des composés plus sélectives. Ces composés naturels ou de synthèse sont les perturbateurs de croissance des insectes (IGDs) (Dhadialla *et al.*, 2005) et les phéromones (Hauptman *et al.*, 1986). Ils agissent sur des éléments vitaux en inhibant en effet, la régulation des deux principales hormones (l'hormone juvénile et les écdystéroïdes) qui contrôlent la croissance, la reproduction et le processus de mue (Dhadialla *et al.*, 2005). Par ailleurs, la biotechnologie a donné naissance aux insecticides d'origine végétale, à action neurotoxique agissent via les récepteurs de l'acétylcholine nicotinyne (nAChR), sur le système nerveux central et périphérique des insectes (Salgado & Saar, 2004 ; Newman & Cragg, 2012 ; Casida, 2018 ; Campos *et al.*, 2018 ; Wang *et al.*, 2020 ; Zuo *et al.*, 2020). En effet l'utilisation des huiles essentiels des plantes (Lopez *et al.*, 2010 ; Ouali *et al.*, 2013 ; Ayinde *et al.*, 2020 ; Raga *et al.*, 2020), ou encore l'utilisation des extraits de feuilles ou les appâts de grains, de quelques plantes comestibles ont montrés un large spectre d'action sur plusieurs nuisibles (Aouinty *et al.*, 2006 ; Korichi-Almi *et al.*, 2016 ; Goyal *et al.*, 2019 ; Habbachi *et al.*, 2019).

Cependant, l'utilisation des biopesticide et les perturbateurs de croissances ne présente pas la seule solution, pour lutter contre l'insecte le plus résistant *B. germanica*. Ainsi, Le retour vers d'anciens composés efficaces, avec un nouveau mode d'action et un profile écotoxicologique, préservant l'environnement, tel que les insecticides inorganiques retrouvent également la recrudescence de remplacement (kilani-Morakchi *et al.*, 2006). L'acide borique, insecticide inorganique très efficace contre les blattes à fait l'objet de plusieurs travaux (Habes *et al.*, 2006 ;

Habes *et al.*, 2013). Par ailleurs, des travaux antérieurs font aussi mention du bicarbonate de sodium (composé inorganique), comme additif alimentaire par excellence, heureusement loin d'écarter absolument ses propriétés insecticides chez certains nuisible (Drake, 1997 ; Rutala *et al.*, 2000 ; Nicolas, 2014 ; Denis, 2016).

Il s'agit d'un pesticide naturel à effet déshydratant. Ainsi, en ingérant le bicarbonate, l'organisme de l'insecte cible va s'assécher de l'intérieur en entraînant par conséquent la mort de ce dernier (Sarah, 2019). Les travaux de Mirrakhimov *et al.*, (2017) ont montrés que les doses excessives de bicarbonate de sodium bloquent les canaux de sodium, provoquant son augmentation dans le sang. L'inhibition de ces canaux peut entraîner le dysfonctionnement physiologique, l'alcalose métabolique, des anomalies électrolytiques, la tétanie musculaire, menant à la paralysie et enfin la mort de l'insecte (Mirrakhimov *et al.*, 2017 ; Sarah, 2019 ; Mehlenbacher *et al.*, 2020). Un effets acaricide est encore noté par (Nicolas, 2019). Encore, l'effet antiseptique de bicarbonate a été signalé par les travaux de Hasimuna *et al.* (2020) chez des espèces aquatiques.

D'autre part, plusieurs travaux antérieurs ont montré que le bicarbonate de sodium, possède des propriétés bactériostatiques et fongistatiques, en bloquant le développement des bactéries et des champignons microscopiques comme les moisissures , mycoses et levures (Gawande *et al.* 2008 ; Malik & Goyal 2006). Un effet antiviral (virucide) sur les surfaces de contact alimentaire et aussi signifie (Malik & Goyal 2006).

Ainsi, une évaluation de l'effet toxique du bicarbonate de sodium afin de concilier ce produit à sa qualité d'insecticide, s'avère intéressante chez les différentes espèces à forte capacité de résistance. Dans le cadre de cette présente étude, Le but étant d'aboutir à un dosage de concentration du bicarbonate de sodium ou plus indiqué et ainsi mieux s'armer pour lutter contre la Blatte la plus communément associée à l'homme, *B. germanica*. Cette espèce, caractérisée par un potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrême et son intérêt dans le domaine médical, représente un modèle de choix. Aussi, la toxicité de ce composé a été évaluée chez les adultes mâles et femelles de *B. germanica* nouvellement émergé, par ingestion, en estimant les doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90).

## ***1<sup>ere</sup> Partie: Revue bibliographique***

## **Chapitre I : Présentation du bicarbonate de sodium.**

### **I.1. Historique.**

A l'époque de l'Antiquité, les égyptiens utilisaient le natron. Le natron est un minéral composé de bicarbonate de sodium et de carbonate de sodium. Ils obtenaient le natron de l'évaporation des lacs salés et l'utilisaient pour se frotter le corps comme un savon et pour en faire des onguents. Le natron servait aussi à la conservation des momies (Kleber *et al.*, 1998). Par la suite, en 1791, le procédé de fabrication du bicarbonate a vu le jour avec Nicolas Leblanc, chimiste français, élaborait pour la première fois le bicarbonate de sodium tel qu'il existe aujourd'hui. En 1846, le Dr Austin Church et son gendre John Dwight créent à côté de New-York la société Church and Dwight, qui exploite la première méthode de raffinage industriel du carbonate de sodium. Cette méthode permet d'obtenir du bicarbonate de sodium à partir du Trona (espèce minérale caractéristique des produits d'évaporation des lacs, souvent à eaux saumâtres, des régions désertiques). Par ailleurs, Ernest Solvay lance sa première usine de fabrication du bicarbonate de sodium en 1863 en Belgique, par un nouveau procédé combinant deux matières premières minérales naturelles : le sel géologique (appelé sel gemme) et le carbonate de calcium (appelé craie ou calcaire). Ce procédé est encore aujourd'hui le plus employé dans le monde, et le seul employé en Europe (Yankell *et al.*, 1999).

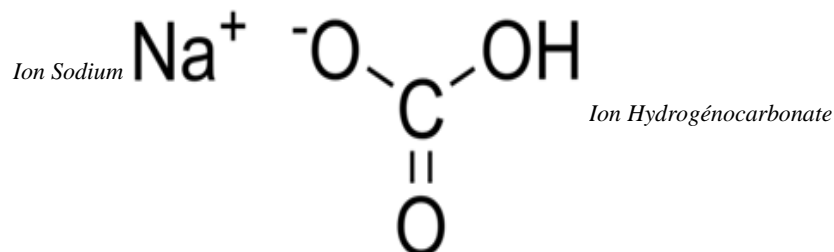
### **I.2. Appellations.**

Selon le contexte ou l'époque, le bicarbonate de sodium fut appelé de divers manières : anciennement bicarbonate de soude ou carbonate monosodique ou carbonate acide de sodium. En nomenclature moderne sodium bicarbonate (médecine), sodium hydrogen carbonate ou l'hydrogénocarbonate de sodium (chimie), carbonic acid monosodium salt, bicarbonate of soda, baking soda ou bread soda (anglo-saxon). Il est aussi parfois appelé sel de Vichy, car c'est le minéral principal de l'eau de Vichy (Gilman *et al.*, 1980).

### **I.3. Propriétés physico-chimiques.**

Le bicarbonate de sodium est un composé chimique inorganique décrit par la formule brute  $\text{NaHCO}_3$  (Figure 1). C'est une poudre cristalline blanche, inodore (Figure 2). Le

carbonate de sodium est très soluble dans l'eau (solubilité maximale : 332,1 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  par kilogramme de solution à 35,37 °C soit 448 g par litre de solution).



**Figure 1.** Formule chimique du bicarbonate de sodium  
(Source : [www.greelane.com](http://www.greelane.com) consulté le 15/08/2020)



**Figure 2.** Bicarbonate de sodium (Source: [www.doctissimo.fr](http://www.doctissimo.fr) consulté le 15/08/2020)

On trouvera dans le tableau 1 quelques caractéristiques des Propriétés physico-chimiques du bicarbonate de sodium (Malik et Goyal, 2006 ; Gawande *et al.*, 2008 ; Nicolas, 2010 ; Nicolas, 2018).



**Tableau 1** : Caractéristiques des propriétés physico-chimiques du bicarbonate de sodium.

Propriétés	Caractéristiques
Une substance tampon	Il stabiliser le pH (potentiel hydrogène).
Un agent adoucissant	Le bicarbonate de sodium dissous dans l'eau, évite aux ions calcium de précipiter en calcaire (permettant ainsi de réduire la consommation de savon et d'autres détergents).
Un agent levant	en libérant du dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) qui sera piégé par le gluten, la protéine élastique de la farine de blé, en augmentant de ce fait le volume de la pâte.
Un abrasif doux	Les cristaux du bicarbonate de soude se dissolvent aisément avant de risquer d'endommager les surfaces. Cette caractéristique en fait un agent nettoyant très efficace et sans agressivité.
Un piège à odeurs	Certaines odeurs désagréables sont générées par des substances fortement basiques ou acides. L'effet tampon exercé par le bicarbonate de sodium rééquilibre par une action chimique l'environnement dans lequel les odeurs se développent.
Un fongistatique un bactériostatique	Il ne tue les moisissures ou les bactéries mais plutôt bloque efficacement leur développement.
Un savon anti-pesticide	Pour nettoyer les résidus de pesticides sur nos fruits et légumes.
Formule chimique	NaHCO <sub>3</sub>
Forme physique	Poudre ou granulés blancs. Inodore
Poids moléculaire	84,0066 ± 0,0018 g/mol , C 14,3 %, H 1,2 %, Na 27,37 %, O 57,14 %, 84,01 g/mol
Masse volumique	2,20 g·cm <sup>-3</sup> à (20 °C, 2,22 g·cm <sup>-3</sup>
Température de fusion	270 °C (décomposition en NaOH par perte de CO <sub>2</sub> mais bicarbonate avec traces d'acides se décompose lentement dès 50 °C en solide Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , gaz CO <sub>2</sub> et vapeur d'eau
Système cristallin	Monoclinique
Pka :CO <sub>2(aq)</sub> /HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pKa <sub>1</sub> =10,33, pKa <sub>2</sub> =6,33 (couples HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> et CO <sub>2</sub> dissous / HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Solubilité dans l'eau	87 g·l <sup>-1</sup> (eau, 20 °C) Insol, dans EtOH et alcool 95% à 0°C est 6,9 g/100 g d'eau et 16,4 g/100 g d'eau à 60°C

#### ***I.4. Production et synthèse.***

Le bicarbonate de soude de par l'intérêt grandissant qu'il suscite, nombreuses ont été les recherches d'aboutir à une production industrielle de masse. Ainsi des chimistes comme

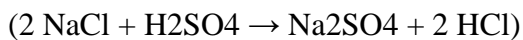
Nicolas Leblanc et Ernest Solvay mirent respectivement au point le procédé en 1789 et en 1863 afin de répondre à la demande (Perrin & Scharff, 1997).

**1.4.1. Principe du procédé de Nicolas Leblanc (Chimiste Français, 1742-1806).**

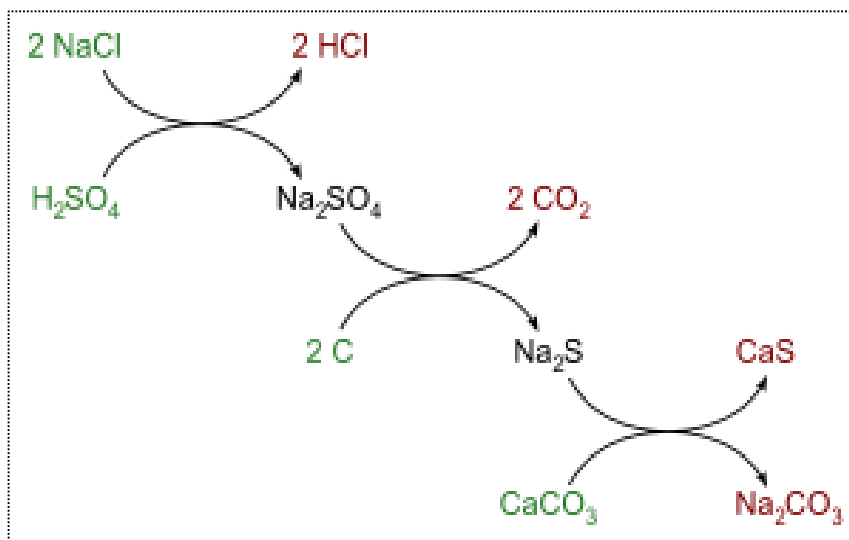
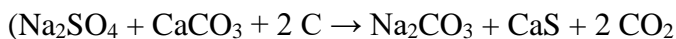
Le procédé Leblanc permettait d'obtenir du carbonate de sodium à partir de sel marin et de carbonate de calcium (qu'on trouve dans la craie et le calcaire). Ainsi le sel marin est chauffé avec de l'acide sulfurique, cette réaction donne du sulfate de sodium et de l'acide chlorhydrique. Le sulfate de sodium obtenu est mélangé avec du charbon de bois, puis de la craie (ou carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub>), qui sont alors "cuit" à très haute température. On obtient un mélange solide du carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), du sulfure de calcium (CaS) et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Le carbonate de sodium est soluble dans l'eau, il est alors récupéré par dissolution dans l'eau puis par l'évaporation de l'eau (Perrin & Scharff, 1997).

Le procédé Leblanc démontré dans la figure 3 peut être résumé par les équations globales suivantes :

⊠ Traitement du sel marin



⊠ Calcination



**Figure 3.** Schéma simplifié le procédé de de Nicolas Leblanc (Perrin et Scharff, 1997 (vert : réactifs, noir : intermédiaire, rouge : produits))

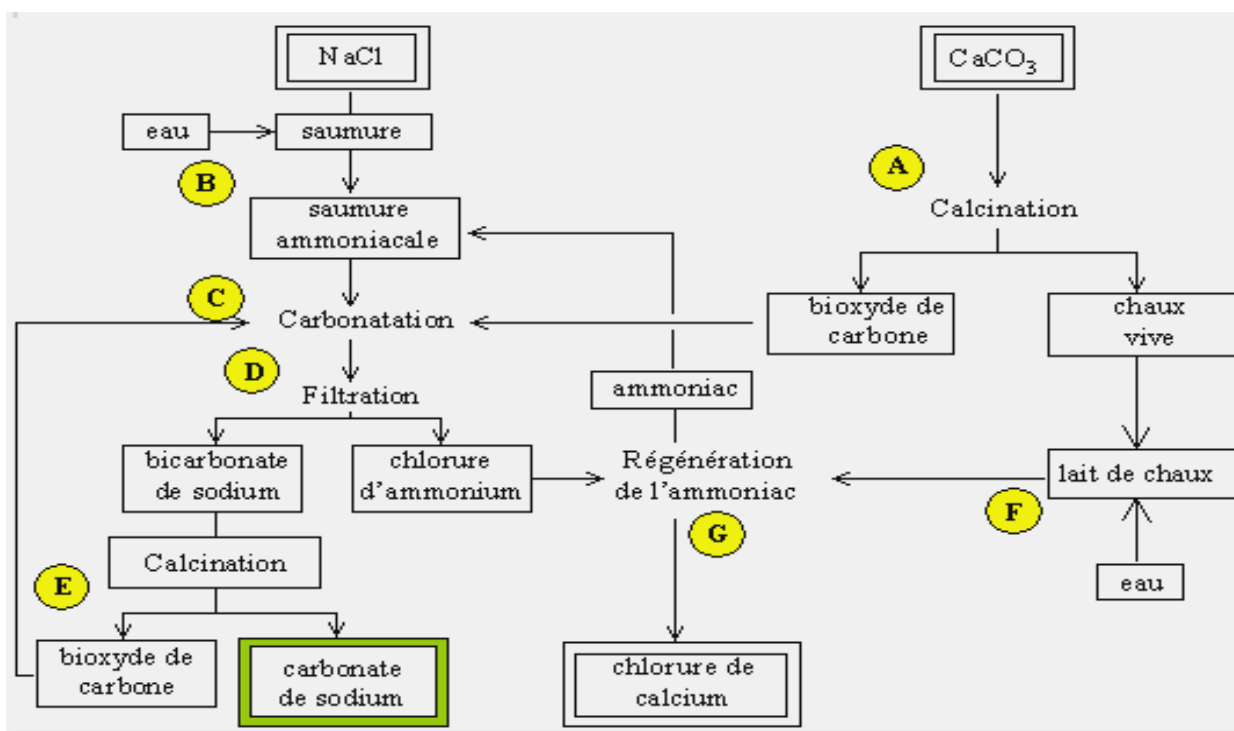
### I.4.2. Principe du procédé de Ernest Solvay (chimiste bruxellois, 1838 – 1922).

Le procédé Solvay était le principal procédé industriel employé Au vingtième siècle. Il utilise comme matières premières le sel ordinaire, NaCl, et le calcaire, CaCO<sub>3</sub>. L'ammoniac NH<sub>3</sub> intervient comme une matière secondaire dans le processus car elle est entièrement régénérée et recyclée (Claude Breton, 2002).

Le procédé peut être résumé par l'équation globale suivante :



En partant de l'observation que, lors de la mise en contact d'une solution aqueuse saturée en NaCl et préalablement rendue basique avec du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), on pouvait obtenir de l'hydrogencarbonate de sodium. Le procédé Solvay fait intervenir nombreuse réactions chimiques qui sont relatées dans la figure 4.



**Figure 4.** Schéma simplifié le procédé de Solvay (Perrin & Scharff, 1997).

(A : la calcination du calcaire en dioxyde de carbone et chaux vive, B : la saumure est combinée à l'ammoniac pour donner la saumure ammoniacale, C : carbonisation au CO<sub>2</sub> pour aboutir au bicarbonate d'ammonium qui additionné du sel donnera bicarbonate de sodium, D : la filtration ou séparation du bicarbonate de sodium et le chlorure d'ammonium, E : séchage vers les 200°C, F : mobilisation du lait chaud pour régénérer l'ammonium et G : régénération de l'ammonium).

Le procédé Leblanc pose de nombreux problèmes environnementaux, les déchets issus des réactions de transformation, comme le sulfure de calcium CaS, l'acide chlorhydrique HCl, étaient alors rejetés dans la nature. À cause de ses contraintes le procédé Leblanc fut utilisé dans les années 1870, où il fut supplanté par le procédé Solvay, moins polluant et nettement plus économique, qui ouvrait une nouvelle ère industrielle.

### ***1.5. Types de bicarbonate de sodium.***

Le bicarbonate de soude existe sous trois principales qualités différentes : technique, alimentaire et pharmaceutique, celles-ci possèdent des critères de pureté différents (Nicolas, 2019).

#### ***1.5.1. Le bicarbonate de soude technique.***

Le bicarbonate de soude technique doit uniquement être utilisé pour un usage ménager, la nourriture, animaux, l'entretien domestique et ménager et le jardinage. Le taux de pureté de ce bicarbonate ne lui permet pas d'être utilisé pour la consommation humaine (recettes de cuisine). Ce produit est facile à se procurer, dans les magasins de bricolage et les drogueries.

#### ***1.5.2. Le bicarbonate de soude pharmaceutique.***

Le bicarbonate de soude pharmaceutique est classé comme le plus pur parmi les différents types de bicarbonate. La qualité de ce bicarbonate permet d'en faire usage de façon sûre pour la cuisine, les nettoyages, mais aussi les soins corporels, avec un usage optimisé également dans le domaine médical. Disponible en pharmacie il est plus cher à l'achat, en raison de la qualité supérieure et des étapes nécessaires à sa confection.

#### ***1.5.3. Le bicarbonate de soude alimentaire.***

Le bicarbonate de soude alimentaire, par définition, peut être utilisé et consommé par l'homme sans aucun risque. Il est traité à un niveau de pureté qui garantit une utilisation saine pour le corps humain. Ce bicarbonate est le plus polyvalent de tous, il peut également être utilisé pour le jardinage, le bricolage et les tâches ménagères.

### ***1.6. Utilisations.***

Les avantages du bicarbonate de sodium sur la plupart des produits chimiques sont sa sécurité, sa disponibilité et son faible coût. Ce produit miracle possède un large éventail de

possibilité d'utilisation, qui n'est guère négligeable à notre quotidien. Du cosmétique aux usages alimentaires en passant par les usages hygiéniques, le bicarbonate de soude alimentaire a toujours été considéré comme un remède de grand-mère, connu depuis très longtemps, ses innombrables propriétés ne cessent d'être découvertes et prouvées (Jennifer, 2019).

### ***1.6.1. Usage domestique.***

#### ***1.6.1.1. Hygiène et soins du corps.***

Le  $\text{NaHCO}_3$  assure une bonne qualité d'hygiène à notre organisme. En effet il est utilisé lors de bain comme agent antibactérien ou adoucissant, dans les soins du visage. Mais aussi comme champoing, dentifrice ou encore comme déodorant neutre, sous les aisselles par son action antibactérienne du genre *Corynebacterium*. Ces bactéries sont responsables des odeurs de transpiration (Lamp, 1946).

#### ***1.6.1.2. Produit d'entretien à la maison.***

Dans les maisons il intervient dans le nettoyage comme produit antibactérien, antifongique, désinfectant et antiviral sur les surfaces de contact alimentaire (Drake, 1997 ; Olson *et al.*, 1994 ; Rutala *et al.*, 2000). Ainsi il entretient le linge grâce à sa propriété adoucissante avant et pendant le lavage ; l'on l'utilise également comme agent actif pour ôter la rouille de surface en cas de certaines oxydations (Gail, 2006) ou pour déboucher des canalisations légèrement obturées (Housecroft *et al.*, 2008).

#### ***1.6.1.3. Au jardin.***

Par son action fongicide, le bicarbonate de soude contribue fortement à l'entretien et au bon développement des plantes de nos jardins. En effet, il est très efficace contre les maladies cryptogamiques, causées par les champignons microscopiques. C'est le cas de la tavelure du pommier due au champignon *Venturia inaequali*, de l'oïdium de la vigne due au champignon *Uncinula necator*. Ou encore le mildiou de la tomate, la pomme de terre, la salade ou des courgettes pouvant être causé par des champignons, comme *Bremia lactucae*, *Plasmopara viticola*, *Peronospora pisi*, *Pseudoperonospora cubensis* et *Phytophthora capsici* (Widmark, 2010 ; Magnien *et al.*, 2012 ; Gindro *et al.*, 2014 ; Gilles, 2017).

### ***1.6.2. Usage alimentaire.***

Dans l'industrie alimentaire, il est utilisé dans la fabrication des boissons et eaux gazeuses pour son rôle de générateur potentiel de gaz carbonique. Dans la pâtisserie, comme agent de

levuration en tant que levure chimique. Par ailleurs, dans la cuisine traditionnelle, il est l'ingrédients de plusieurs recettes, pour conserver les propriétés et couleurs de certains légumes lors des cuissons. Également, en raison de sa réaction avec la chlorophylle, le bicarbonate de soude est aussi efficace pour nettoyer les fruits et les légumes des pesticides déposés sur leur peau (Nicolas, 2014).

### ***1.6.3. Usage médical.***

En médecine, il est utilisé par voie intraveineuse, servant à l'alcalinisation des patients, souffrants d'acidose métabolique. Le bicarbonate de sodium, par son action tampons, sa mobilisation permet de réguler l'acidose, maintenant ainsi un pH constant. En tant qu'antiacide et agent alcalinisant il soulage les maux d'estomac dus aux acidités gastriques (Yang *et al.*, 2017). On l'utilise également dans le traitement de diarrhée sévère qui est souvent accompagnée d'une perte importante de bicarbonate et aussi dans le traitement de certaines intoxications ou empoisonnements médicamenteux (Claire, 2019).

### ***1.6.4. Lutte contre les incendies.***

Le bicarbonate de sodium est présent dans les poudres sèches anti-incendie, les extincteurs d'incendie. Il est également efficace contre les feux d'hydrocarbures liquides comme l'essence, mais aussi les feu d'huile ou liés à l'électricité lesquels il faut jamais essayer de maîtriser avec de l'eau. En effet l'action d'une substance inerte, comme le gaz carbonique et empêche le comburant d'atteindre le carburant, causant l'étouffement du feu (Nicolas, 2014).

### ***1.6.5. Usage contre les nuisibles.***

Il existe plusieurs méthodes d'utilisation du bicarbonate de soude pour débarrasser les lieux des nuisibles (Nicolas, 2015 ; Pauline, 2017). La combinaison de bicarbonate de sodium avec le sucre en poudre en quantités égales attirera plus facilement les nuisibles et augmente ainsi l'efficacité du produit (Rutala *et al.*, 2000). Aussi le mélange de bicarbonate de sodium avec de la farine et/ou du lait concentré sucré à parts égales, forme une pâte homogène très efficace contre les nuisibles (Nicolas, 2015).

Il s'agit d'un pesticide naturel à effet déshydratant. Ainsi, en ingérant le bicarbonate, l'organisme de l'insecte cible va s'assécher de l'intérieur en entraînant par conséquent la mort de ce dernier (Sarah, 2019). Les travaux de Mirrakhimov *et al.*, (2017) ont montrés que les doses excessives de bicarbonate de sodium bloquent les canaux de sodium, provoquant son augmentation dans le sang. L'inhibition de ces canaux peut entraîner le dysfonctionnement

physiologique, l'alcalose métabolique, des anomalies électrolytiques, la tétanie musculaire, menant à la paralysie et enfin la mort de l'insecte (Mirrakhimov *et al.*, 2017 ; Sarah, 2019 ; Mehlenbacher *et al.*, 2020). Un effets acaricide est encore noté par Nicolas (2019).

D'autre part, plusieurs travaux antérieurs ont montré que le bicarbonate de sodium, possède des propriétés bactériostatiques et fongistatiques, en bloquant le développement des bactéries et des champignons microscopiques comme les moisissures , mycoses et levures (Malik & Goyal 2006 ; Gawande *et al.* 2008). Un effet antiviral (virucide) sur les surfaces de contact alimentaire et aussi signifie (Malik & Goyal 2006), ou encore l'effet antiseptique enregistré par Hasimuna *et al.* (2020).

## ***Chapitre II : Présentation de Blattella germanica***



## **Chapitre II : Présentation de *Blattella germanica*.**

### **II.1. Introduction.**

Les blattes, appelées aussi par la langue populaire “cafards”, “cancrelats”, “grélou”, sont adaptées à tous les milieux : tropicaux, subtropicaux, tempérés et même désertiques (Ebeling, 1978) et vivent sous les feuilles et les pierres, et quelques-unes dans les grottes. Par ailleurs, les Blattes se caractérisent par une photophobie et un important pouvoir de fécondité (Hasche & Zumofen, 1999). Les blattes appartiennent à la famille des Dictyoptères, ils descendent des Aptérygotes, la sous-classe primitive des insectes non ailés (Elie, 1998). Parmi les espèces identifiées, 4000 se sont adaptées aux conditions de vie urbaine (Schal *et al.*, 1984) et certaines sont qualifiées de domestiques (Garfield, 1990) ; les espèces les plus courantes sont *Periplaneta americana* (Cornwell, 1968), *Blattella orientalis* (Cornwell, 1976), *Supella longipalpa* (Gordon, 1968) et *Blattella germanica* (Guillaumin *et al.*, 1969). Les endroits chauds et humides et particulièrement les commerces de nourriture sont des lieux de choix pour ces espèces (Elie, 1998).

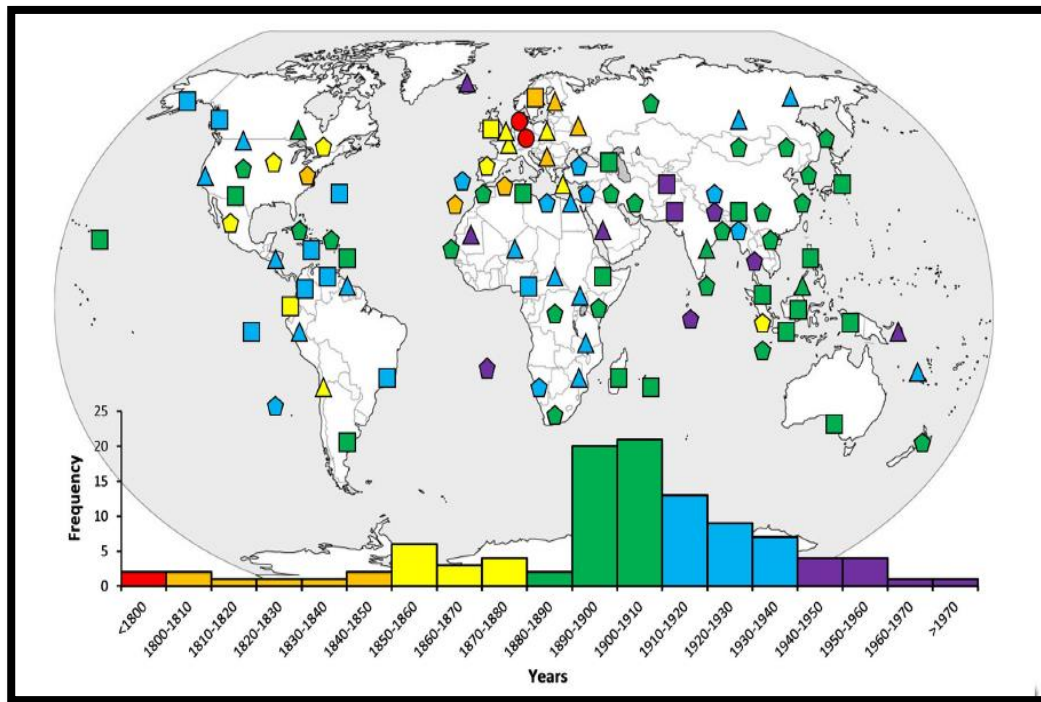
### **II.2. Origine et répartition géographique de *Blattella germanica*.**

Les blattes sont des espèces les plus anciens fossiles de tous les temps tel qu’ils se remonte à la période carbonifère (Beccaloni, 2014). Elles sont exposées sur terre il y a environ 400 millions d’années, (Koehlen & Patterson, 1987). Alors que les formes fossiles sont assez comparables aux espèces actuelles (Koehlen & Patterson, 1987) ou est les premiers fossiles de cafard moderne avec un ovipositeur interne sont apparus au début du crétacé, il y a 250 millions d’années. Ces fossiles anciens diffèrent des cafards modernes par la présence d’un long ovipositeur externe (appareil destiné à déposer les œufs à l’endroit où ils vont éclore) (Grimaldi, 1997).

Les premiers enregistrements du cafard allemand dérivent d’Europe, où il serait arrivé pendant la guerre de 7 ans entre 1756–1763 (Rehn, 1945). En 1767, Linnaeus a nommé l’espèce, d’après le lieu d’où ses spécimens ont été collectés à l’origine *Blattella germanica* (cafard allemand).

Toutes les espèces des blattes sont plus ou moins cosmopolites. Elle se trouve dans la plupart des régions du monde (Roth & Willis, 1957), originaire des régions du nord-est Africain, entre les grands lacs, l’Ethiopie et le Soudan. D’Afrique du nord, elle a gagné l’Europe de l’est depuis plus de deux cents années, ainsi l’Asie mineure et le sud de la Russie (Tokro,

1984 ; Mourier, 2014), lorsque la plupart des pays se propagent à la suite à la faveur des échanges commerciaux internationaux (Martin *et al.*, 2015) (figure 5). Les transports maritimes sont à l'origine de l'infestation des grandes zones portuaires, et des villes avoisinantes, par les blattes (Arruda *et al.*, 2001).



**Figure 5.** Carte résumant les premiers signalements de *B. germanica* autour du monde (Tang *et al.*, 2019). Chaque point indique la première occurrence de *B. germanica* dans une région spécifique. Les couleurs représentent des périodes de 30 ans, dont la première décennie est représentée par des triangles, la deuxième décennie par des rectangles et la troisième décennie par des pentagones. L'histogramme indique le nombre de rapports pour chaque intervalle de 10 ans.

### II.2.1. Répartition géographique de *Blattella germanica* en Algérie.

Ces espèces cosmopolites, colonisent les endroits chauds et humides et particulièrement les commerces liés à la nourriture (Grandcolas, 1998). Leur régime omnivore leur permet en outre, une accommodation à tous types d'aliments (Gordon, 1996). Les blattes allemandes se sont adaptées à toute variété des habitations humaines, tel que (maisons, appartements, hôtels, hôpitaux, etc.). Mais également à d'autres fins (restaurants, granges, installations d'hébergement des animaux, entrepôts, etc.), ou encore aux véhicules mobiles (navires, trains, camions et voitures, etc.) (Cornwell, 1968).

En Algérie peu de travaux ont été effectués sur les blattes, exception de ceux menés dans l'Est Algérien plus précisément la région d'Annaba. Nous citons par exemple les travaux de

Habes *et al.*, (2006) et Habbachi, (2013) dans le but de recenser les différentes espèces de blattes existantes dans cette région.

Cependant *B. germanica*, c'est l'espèce commensale par excellence, qui se retrouve à l'intérieur des habitations suivi par *P. americana* qui envahisse les sites urbains humides et qui entrent occasionnellement à l'intérieur des habitations à la recherche de la nourriture, ou de l'eau (Morakchi *et al.*, 2005 ; Habes *et al.*, 2006, 2013 ; Maiza *et al.*, 2011 ; Habbachi, 2013 ; Messiad *et al.*, 2016).

### II.3. Taxonomie de *Blattella germanica*.

Les Blattes sont des insectes, descendant des Ptérygote, de la sous-classe primitive dépourvue d'ailes qui appartient à la Sous-Embranchement des Mandibulata (Schal *et al.*, 1984 ; Grancolas, 1998 ; Linnaeus, 1767). Ces insectes appartiennent à l'ordre des Dictyoptères, qui se répartissent en six familles d'après la classification de Roth (2003), la famille des Polyphagidae, Cryptocercidae, Nocticolidae, Blattidae, Blattellidae, Blaberoidae. *Blattella* est un genre de blattes de la famille des Blattellidae qui comprend l'espèce *Blattella germanica*.

**Position systématique :** La position systématique (Linnaeus, 1767) est la suivante :

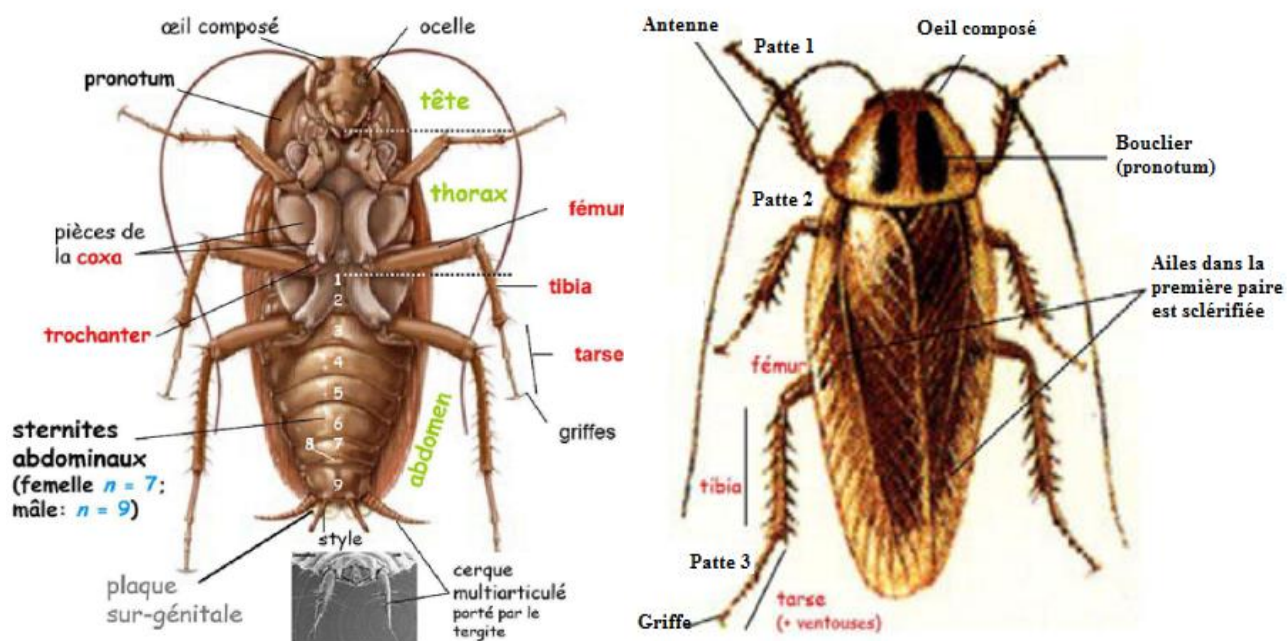
Embranchement :	<b>Arthropoda</b>
Sous -Embranchement :	<b>Mandibulata</b>
Classe :	<b>Insecta</b>
Sous -classe :	<b>Pterygota - Neoptera</b>
Section :	<b>Polynoeptera</b>
Super -ordre :	<b>Orthoteroidae</b>
Ordre :	<b>Dicty,optera</b>
Sous-ordre :	<b>Blattaria</b>
Super famille :	<b>Blaberoidae</b>
Famille :	<b>Blattellidae</b>
Sous -famille :	<b>Blattellinae</b>
Genre :	<b><i>Blattella</i></b>
Espèce :	<b><i>Blattella germanica</i></b>

#### **II.4. Description de *Blattella germanica*.**

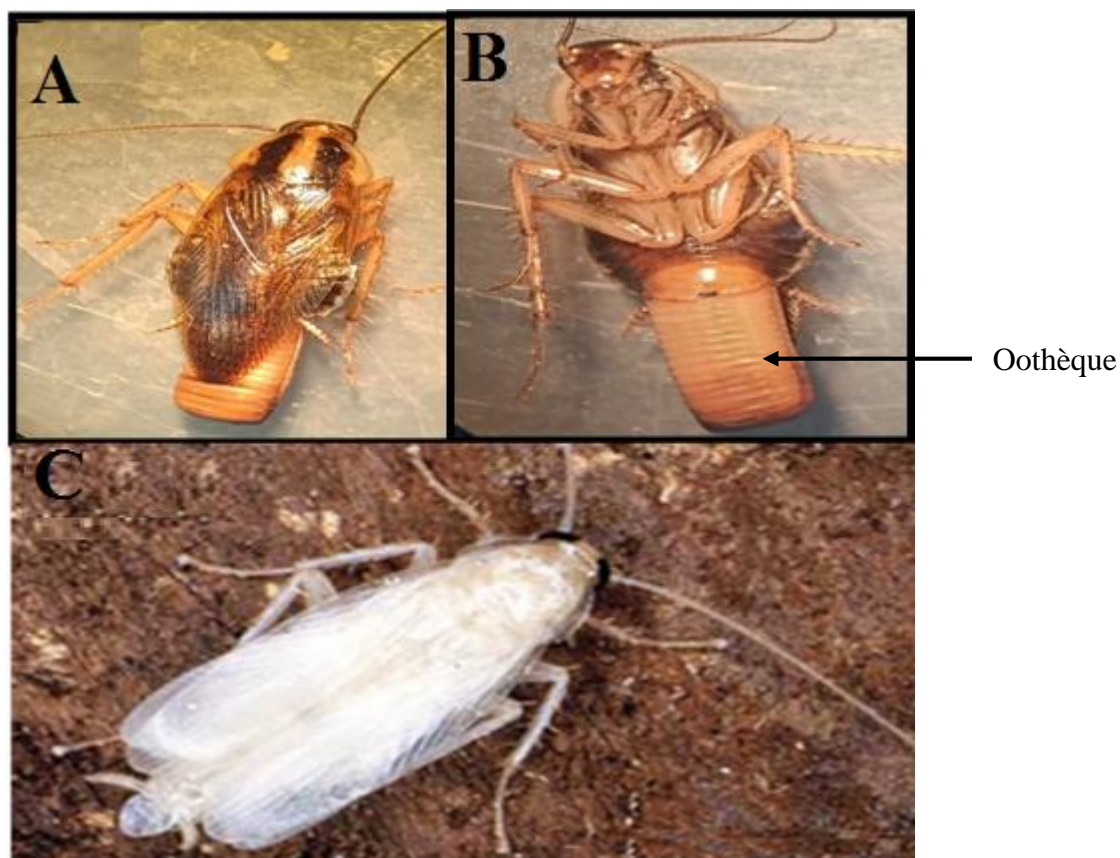
La forme générale des blattes est aplatie et ovale. La blatte germanique est une espèce de taille variable, leur taille mesurant 11 à 15 mm de longueur avec une tête, très mobile est presque entièrement cachée, sous une partie du thorax en forme de bouclier, appelée pronotum (plaque formant comme un bouclier sur la tête). Elle porte deux antennes filiformes, très mobiles et flexibles, (Gordon, 1996). Les pièces buccales sont du type broyeur classique, en position hypognathe (orienté vers le bas). Les pattes sont longues, épineuses, larges et aplaties, bien adaptées à la course (vitesse de 130 cm par seconde) (Grandcolas, 1996). Sa couleur varie de brun pâle à noire ; le pronotum porte deux bandes longitudinales de couleur noire (figure 6).

Les Adultes mâles présentent un corps mince, un abdomen effilé et un pygidium (partie caudale de coquilles) non recouvert par les ailes, laissant visible le segment terminal de l'abdomen (figure 6). Les blattes copulent en opposition. L'appareil copulateur mâle est asymétrique et très compliqué. Les adultes femelles de cette espèce sont de couleur plus sombre et possèdent un corps trapu et robuste avec un abdomen arrondi complètement recouvert par les ailes (Rust *et al.*, 1995). La femelle porte l'oothèque qui contiennent 48 à 50 œufs. L'oothèque reste généralement engagée entre les derniers segments abdominaux de la femelle, qui la porte pendant un certain temps (figure 7A).

Les larves ressemblent aux adultes à l'exception des ailes absentes, ces dernières, parut à l'exuviation imaginale (figure 7B). *Blattella germanica* est une espèce cosmopolite, domestique et nocturne (Gordon, 1996). En outre, les blattes se caractérisent par une photophobie, une résistance aux conditions difficiles et un important pouvoir de fécondité (Grandcolas, 1998).



**Figure 6.** Vue dorsale et ventrale d'un adulte mâle de *B. germanica*.. (Source : Université de Montpellier, <http://mon.univ-montp2.fr/index.php>).



**Figure 7.** Adultes de *B. germanica*, A : Femelle vue dorsale, B : femelle vue ventrale, C : adulte nouvellement exuvie (x4) (Photos personnel, 2020).

## II.5. Cycle biologique.

Les blattes sont des insectes à métamorphose incomplète, Chez *B. germanica*, le comportement sexuel se compose très schématiquement de cinq phases successives : l'attraction à distance du mâle, la reconnaissance mutuelle des partenaires après contacts antennaires, la parade du mâle, le léchage des glandes tergaux du mâle par la femelle et enfin l'accouplement (Tokro, 1984 ; Bell *et al.*, 2007 ; Clynen *et al.*, 2011 ; Habbachi, 2013).

C'est une espèce à développement hétérométabole (Gordon, 1996) dont les mâles s'accouplent à plusieurs reprises, mais les femelles s'accouplent généralement qu'une seule fois (Cochran, 1979). Selon Wood-ruff (1938), un seul accouplement pourrait suffire à fertiliser tous les œufs produits durant la vie imaginaire. Huit jours après la mue imaginaire, la femelle forme, au cours de différents cycles gonadotrophiques 6 à 8 oothèques, chaque oothèque de 8 mm de long comportant 36 à 48 œufs (Gordon, 1996), elles pondent ainsi en moyenne 300 œufs au cours de leur vie. Ces oothèques sont déposées près d'une source de nourriture peu avant l'éclosion, un petit pourcentage encore reste attachée à la mère, à l'aide de leur patte jusqu'à l'éclosion des œufs. Il faut compter environ deux semaines pour la formation d'une deuxième oothèque (Jacobs, 2013).

Le temps d'incubation des œufs dépend des conditions extérieures. Quand le taux d'humidité et la température sont favorables (25 à 33°C et 60 à 80% d'humidité relative). La durée de l'évolution embryonnaire est d'environ 17 jours, pour donner des larves molles, de couleur blanchâtre, après tannage de la cuticule en quelques heures, prennent une couleur brunâtre (Cornwell, 1968 ; Wattiez & Beys, 1999).

Le développement larvaire, de 6 mois environ, présente 5 à 7 stades successifs, séparés par des mues (Wattiez & Beys, 1999) ; les larves du dernier stade, dont la durée de vie est en moyenne de 40 jours pour le mâle et de 41 jours pour la femelle, subissent enfin la mue imaginaire (Fig.8). L'adulte a une longévité qui est de 128 jours pour le mâle et de 153 jours pour la femelle (Cornwell, 1968). Une blatte peut à elle seule avoir jusqu'à 10000 descendants au bout d'un an, à raison de deux générations (Borozan, 2002).

### II.5.1. Le stade œuf.

Il commence à la fertilisation des œufs et se termine à l'éclosion. Les œufs sont réunis dans une capsule de consistance cornée appelée oothèque qui se forme et arrive à faire saillie à l'extérieur pendant la ponte (Tanaka, 1976). De forme et de taille variable, l'oothèque

contiennent 48 à 50 œufs et possède sur la face dorsale une crête denticulée au niveau de laquelle se fera l'éclosion des larves. Les œufs sont disposés verticalement de chaque côté d'une cloison médiane longitudinale de chaque côté de laquelle se trouvent des petites loges verticales contenant chacune un œuf (Tanaka, 1976). L'oothèque reste généralement engagée entre les derniers segments abdominaux de la femelle (Figure 9 D), qui la porte pendant un certain temps (Chopard, 1951).

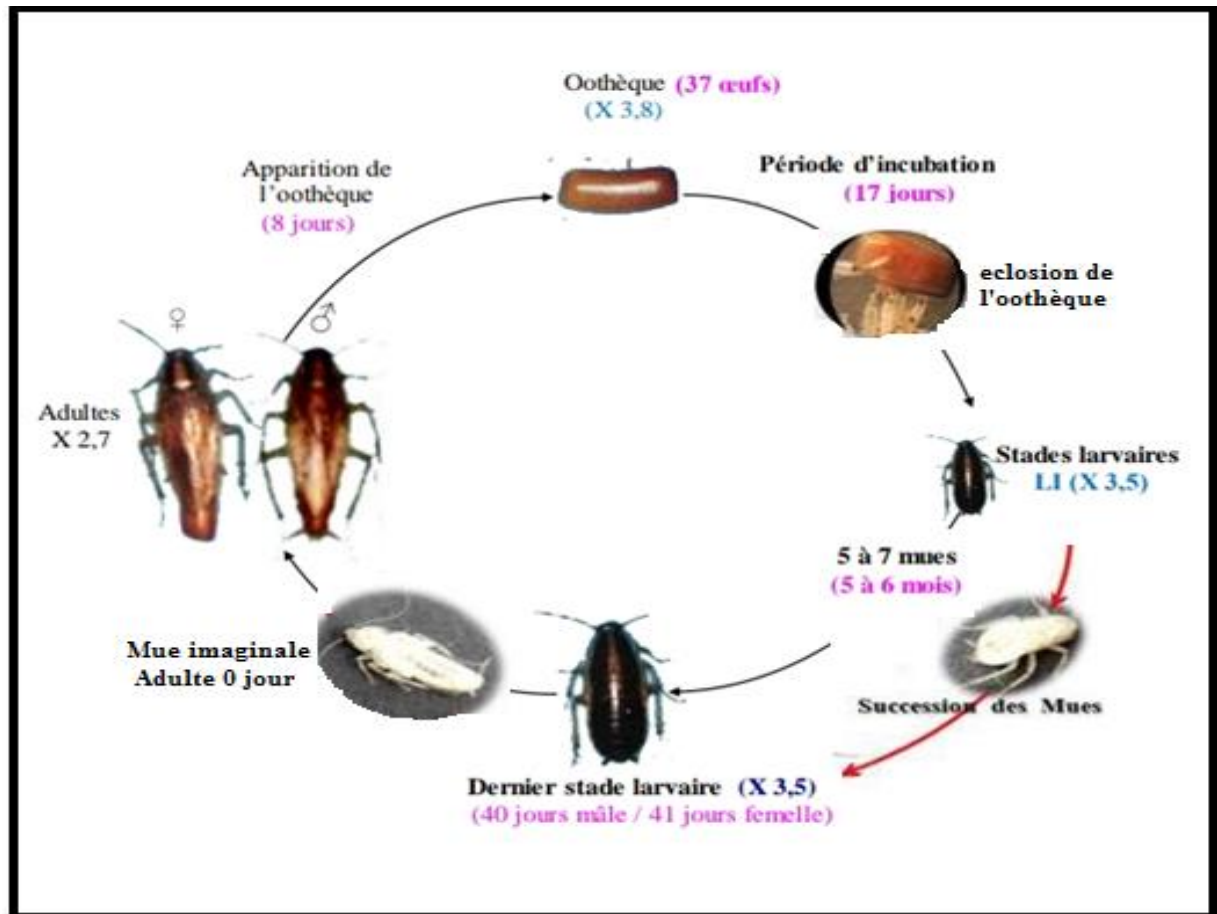


Figure 8 : Cycle de vie de *B. germanica* (Cornwell, 1968).

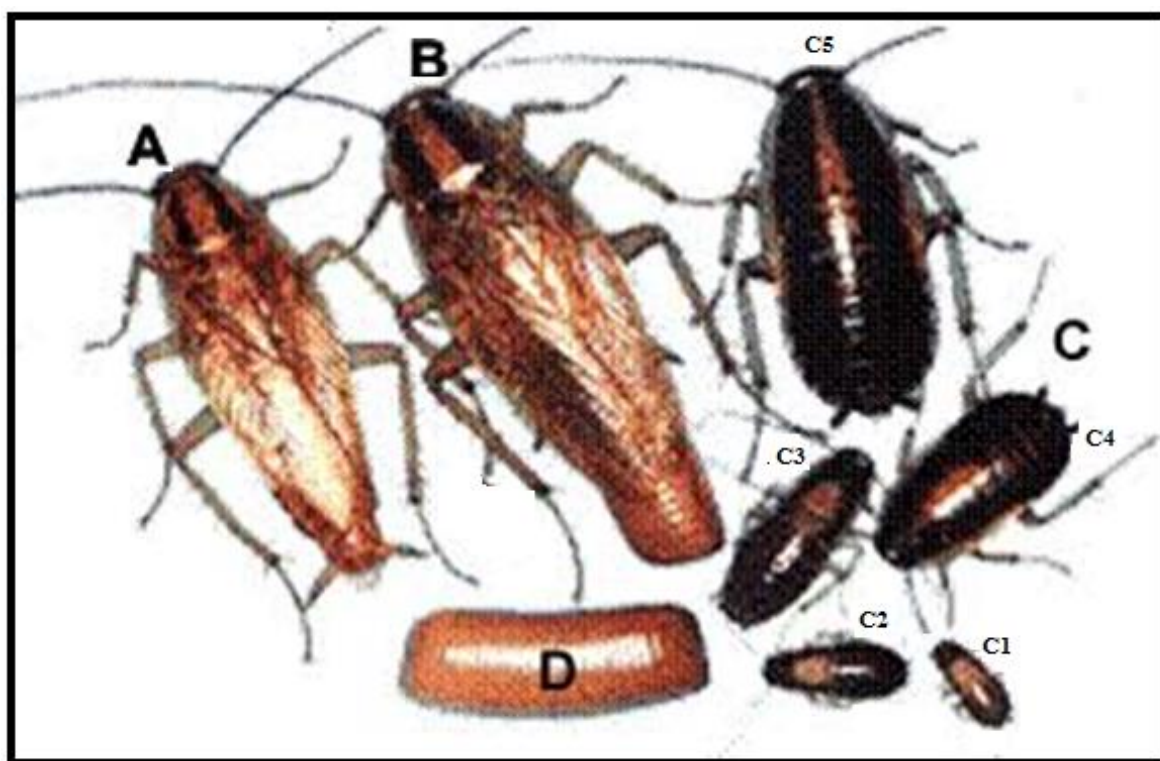
### II.5.2. Le stade larvaire (*Nymphes*).

La femelle dépose l'oothèque, peu avant l'éclosion et des larves vermiformes en sortent. Les principaux changements du développement larvaire s'effectuent au niveau de la taille et la pigmentation (Elie, 1998). Les larves de dernier stade ressemblent aux adultes mais sont aptères, marquées par une seule bande claire sur le milieu du dos (Rust *et al.*, 1995). Ces dernières subissent six mues successives au cours d'une période de 100 jours (Wattiez & Beys,

1999). La durée du développement du dernier stade larvaire est de 40 jours chez les mâles et de 41 jours chez les femelles (Figure 9 C).

### II.5.3. Le stade adulte.

Le stade adulte commence à la mue imaginale (adulte 0 jour). L'adulte possède alors deux paires d'ailes (diptère) mais ne volent pas, des antennes longues et filiformes, des pattes robustes et épineuses permettant une course rapide et des pièces buccales broyeuses (Wigglesworth, 1972). Les adultes sont de couleur marron clair et d'une longueur d'environ 15 à 17 mm, ils ont deux bandes sombres sur le pronotum (plaque formant comme un bouclier sur la tête). Les adultes mâles possèdent un corps mince, à abdomen effilé et un pygidium non recouvert par les ailes ; les femelles présentent un corps trapu et robuste avec un abdomen arrondi recouvert par les ailes (Rust *et al.*, 1995). Les mâles sont de forme longitudinale, les femelles sont de couleur plus sombres et ont un abdomen plus large et arrondi (Figure 9 A et B), elle se déplace aussi bien horizontalement que verticalement et peuvent donc facilement contaminer les logements supérieurs ou inférieurs (Bayer *et al.*, 2012).



**Figure 9** : Morphologie des différents stades de *B.germanica* (X 6,8) d'après (Hutchinson, 1999) (D: Oothèque, C1 à C5: Stades larvaires, A: Mâle adulte, B: Femelle adulte).



## II.6. Méthodes de lutte.

La lutte contre les nuisibles a surtout été réalisée grâce à une méthode chimique, utilisant différents types d'insecticides possédant chacun des caractéristiques physiques et chimiques propres, car le taux de toxicité, la dégradation, la biotransformation ou l'accumulation varient d'un insecticide à un autre (Strong *et al.*, 2000).

Les pesticides se classent en fonction de leur structure chimique ou de leur origine, en insecticides minéraux ou organiques, ou insecticides naturels ou de synthèse.

### II.6.1. Lutte chimique.

La lutte intégrée contre les blattes, et spécialement *B. germanica*, a longtemps été représentée par l'utilisation des insecticides organiques de synthèse, dite insecticide conventionnels (Organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes). Ils ciblent directement le système nerveux central des insectes (Casida & Durkin, 2013 ; Casida, 2017). Les organochlorés et les pyréthrinoïdes sont des modulateurs des canaux sodium (bloquent les canaux sodium) et dépresseurs des systèmes nerveux endocrinien et immunitaire (Fulton et Key, 2001). Au début des années 1980, l'utilisation des Pyréthrinoïdes et le Thiocyclame a donné des résultats positifs en cette période. Les organophosphorés et les carbamates, inhibiteurs de l'acétylcholinestérase (AChE), agissent sur les liens synaptiques du système nerveux, en empêchant la transformation de l'influx nerveux et entraînant la mort de l'insecte (Mary & Amdur, 2000). (Lietti *et al.*, 2005) rapportent que les organophosphorés ont été les premiers insecticides utilisés, qui ont été progressivement remplacé par des Pyréthrinoïdes dans les années soixante-dix quatre-vingts. Néanmoins, leur non spécificité ainsi que leur rémanence, ont provoqué d'énormes altérations dans l'environnement (Sawczyn *et al.*, 2012). Durant les années 1990, plusieurs nouveaux insecticides ont été introduits, comme les phéromones (Hauptman *et al.*, 1986) et les perturbateurs de croissance des insectes (IGDs), ce sont de nouvelles molécules sélectives et non polluantes préservant l'environnement. Ces composés naturels et/ou synthétiques agissent de manière spécifique, en perturbant des éléments vitaux dans le développement (cuticule ou régulation hormonale) de l'insecte visé. Les IGDs sont répartis en trois grands groupes : les agonistes et antagonistes de l'hormone juvénile (JH), les inhibiteurs de la synthèse de la chitine et les agonistes et antagonistes de l'hormone de mue. Ils inhibent en effet, soit la régulation des deux principales hormones du développement, l'hormone juvénile (J.H) et les écdystéroïdes, soit le processus de mue (Dhadialla *et al.*, 2005). Ces molécules qui ont donné satisfaction au début de leur utilisation, ont commencé à perdre

leur efficacité sur le terrain suite à la résistance développée progressivement par les populations de l'insecte (Suinaga *et al.*, 2004 ; Sharma *et al.*, 2010 ; Chen *et al.*, 2020). L'azadirachtine bioinsecticide dérivé de neem a suscité l'intérêt des chercheurs depuis longtemps ; de par sa dualité d'action, agoniste de l'hormone juvénile et antagoniste des ecdystéroïdes (Aribi *et al.*, 2020).

Les insecticides non organiques comportent les produits arsenicaux, les composés soufrés, l'acide cyanhydrique et l'acide borique. L'arsenic constitue un insecticide d'ingestion (Fabre, 1954). Le soufre en poudre est un insecticide peu actif (Winteringham, 1952). L'acide cyanhydrique est un gaz très toxique qui agit par inhalation et s'applique uniquement sur les arbres recouverts d'une bâche (Mullins, 1955). L'acide borique, insecticide très efficace, agit par ingestion ; son utilisation pour la lutte chimique contre les blattes a fait l'objet de divers travaux (Fort *et al.*, 2000 ; Morakchi *et al.*, 2005 ; Habbes *et al.*, 2001, 2006).

## **II.6.2. Lutte biologiques.**

Un bio-pesticide se définit étymologiquement comme un pesticide d'origine biologique, c'est-à-dire issu d'organisme vivant ou des substances d'origine naturelle synthétisées par ces derniers (Regnault-Roger *et al.*, 2005). La définition adoptée par l'organisation internationale de la lutte biologique (OILB) est : « l'utilisation par l'homme d'ennemis naturels tels que des prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes pour contrôler les populations d'espèces nuisibles ». Dans ce contexte la lutte biologique consiste l'utilisation rationnelle de ces insecticides biologiques efficaces, bactéries, virus, les champignons, ennemis naturels, nématodes entomopathogènes, des parasites et des substances d'origine végétale (Maiza *et al.*, 2013 ; Tomè *et al.*, 2013 ; Cepeda-Palacios *et al.*, 2014 ; Gaire *et al.*, 2019 ; Pan & Zhang, 2020).

### **II.6.2.1. Les bactéries.**

L'utilisation des bactéries entomopathogènes, pour lutter contre certains ravageurs de culture et les fléaux vecteurs de maladies d'importance médicale, ont fait l'objet de plusieurs de travaux, en raison de leur activité insecticide spécifique élevée (Nayduch *et al.*, 2018 ; Zhang *et al.*, 2020 ; Pan & Zhang, 2020). Les bactéries des genres *Bacillus*, *Lysinibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* et *Serratia* sont les agents pathogènes bactériens les plus courants, dont *Bacillus* est le genre le plus largement utilisé. En effet *Bacillus sphaericus* et *Bacillus*

*cereus* ont été testés chez les larves de *Blattella germanica* (Nishiwaki *et al.*, 2004 ; Nishiwaki *et al.*, 2007).

### **II.6.2.2. Les virus.**

Les virus des insectes sont devenus vitaux dans le domaine biologique avec des réplifications, haute spécificité de l'hôte, forte pathogénicité et adaptabilité environnementale (Carlson *et al.*, 2000). Le densovirus de *B. germanica* (BgDENV) et le densovirus de *P. americana* (PfDENV) sont très toxiques pour la blatte allemande. Les densovirus (DENV) infectent les cellules des blattes par l'adhésion des protéines structurales, puis inhibent la réplication de l'ADN hôte, alors qu'ils initient la réplication massive de leur propre ADN, entraînant finalement la rupture de la membrane nucléaire des hôtes. Cela peut entraîner des changements pathologiques dans l'ensemble du tissu, en particulier dans le corps adipeux. Les dommages causés au corps gras détruisent le système de stockage d'énergie de l'hôte, affaiblissant ainsi sa capacité de mouvement et entraînant éventuellement la mort de l'hôte (Mukha *et al.*, 2006 ; Jiang *et al.*, 2007 ; Yu *et al.*, 2012).

### **II.6.2.3. Les champignons.**

Les champignons infectent le cafard principalement en pénétrant l'exosquelette ou la cuticule externe en sécrétant des enzymes apparentées, puis en colonisant l'hémocèle de l'insecte pour proliférer, absorber les nutriments. De ce fait il produit des toxines et détruit les cellules hôtes. En conduisant finalement à la mort de l'hôte par toxicose et épuisement des nutriments (Strasser *et al.*, 2000; Gutierrez *et al.*, 2015; Wang & Wang, 2017 ; Pan & Zhang, 2020).

### **II.6.2.4. Les protozoaires.**

Les familles les plus utilisées en lutte biologique sont les Amoebidae et les Nosematidae. (Greathed *et al.*, 1994). Ces microorganismes pathogènes possèdent la capacité de surpasser les défenses de l'insecte hôte et de l'infecter ; ils s'y multiplient ensuite et provoquent sa mort à plus ou moins long terme, que ce soit par l'émission de substances toxiques et/ou la destruction de certains tissus. (Bawin *et al.*, 2014).

### **II.6.2.5. Ennemis naturels.**

Dans la nature, il existe de nombreux types d'ennemis naturels contre les insectes, y compris les parasitoïdes et prédateurs, tel que le recours à certains hyménoptères parasites des œufs de blattes, ou encore le lâcher de mâles stériles (Grandcolas, 1998). Pour le cafard, il existe

plus de 15 espèces d'ennemis parasites, tels que les guêpes parasites et les acariens parasitoïdes. Aussi environ 18 espèces d'ennemis prédateurs tels que les araignées (Kassiri *et al.*, 2018 ; Yang *et al.*, 2019).

#### **II.6.2.6. Les nématodes entomopathogènes.**

Sont considérés comme un nouveau type de biopesticide qui combine les caractéristiques des ennemis naturels avec celles des micro-organismes pathogènes (Kaya & Gaugler, 1993). Pendant le stade juvénile, les nématodes peuvent rechercher activement des insectes hôtes et pénétrer dans l'hémocèle de l'hôte, par des ouvertures naturelles ou perturber la cuticule, pour libérer des bactéries mutualistes dans l'hémolymphe. Ces bactéries pathogènes peuvent ainsi se multiplier rapidement et produire des toxines ou des enzymes dégradantes, conduisant éventuellement à la mort d'hôte (Han & Ehlers, 2000 ; Dowds & Peter, 2002).

#### **II.6.2.7. Bio-insecticide d'origine végétale.**

Les premières substances d'origine végétale, avouées et abondamment utilisées contre les nuisibles peuvent être classées en alcaloïdes (nicotine et l'anabasine), flavonoïdes (roténone et rétinoloïdes et les pyréthrinines) et huiles essentielles végétales. Ces substances sont traitées à partir de constituants chimiques efficaces extraits des plantes, appartenant aux familles des Meliaceae, Compositae, Ephedraceae, Lauraceae, etc. Ils peuvent contrôler par divers moyens, telles que la toxicité par contact, la toxicité gastrique, les effets répulsifs et interférence dans le développement des insectes (Castillo *et al.*, 2017 ; Ling *et al.*, 2018).

La nicotine est le principal alcaloïde, extrait du tabac. Le tabac est une plante de la famille des Solanacées (*Nicotina tabacum*, *N.* et *Nicotina Rustica*) (Linné, 1735), insecticide fumigène agissant sur les synapses du système nerveux central des insectes (Schrader, 1948).

La roténone et rétinoloïdes sont extraites de racines, feuilles ou graines de légumineuses de *Derris elliptica* ou *Lonchocarpus* qui est un isoflavone pentacyclique biosynthétisé de l'acétate, du mévalonate et de la phénylalanine. Ces composés agissent par contact et ingestion en bloquant l'absorption de l'oxygène par les cellules (Corbette *et al.*, 1984).

Le pyrèthre, extrait des fleurs de Chrysanthème (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) appartenant à la famille des Astéracées, agit par contact sur le système nerveux des insectes, provoquant une perte d'équilibre, des phénomènes convulsifs, une paralysie et finalement la mort (Gaudin, 1937).

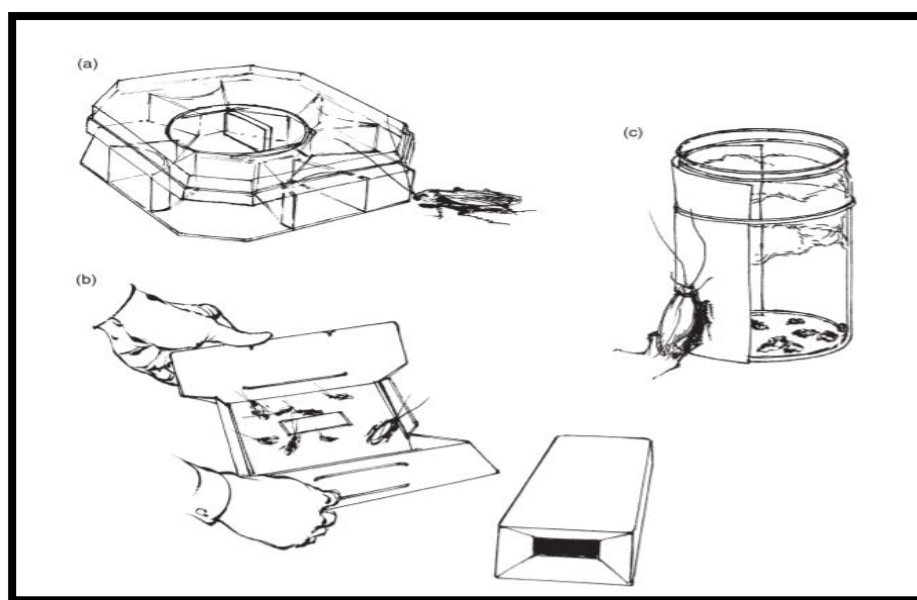
L'utilisation de ces substances comme un agent de lutte contre les blattes (Crosby *et al.*, 1966) comme le pyrèthre, la nicotine et la roténone ; ainsi que les pyréthrinines ont fait l'objet de

plusieurs travaux (Schrader, 1948 ; Aligon *et al.*, 2010 ; Nasirian & Salehzadeh 2019 ; Pan *et al.*, 2020).

Les huiles essentielles, sont parmi ces biopesticides, les plus efficaces, qui constituent souvent la fraction bioactive des plantes (Harouna *et al.*, 2019; Boné *et al.*, 2020). Leur toxicité est liée à la présence de certains sites fonctionnels oxygénés, mais également de la composition chimique complexes et variables de constituants des huiles essentielles révèle (Viaud, 1993 ; chaaban *et al.*, 2018 ; DeVries *et al.*, 2019 ; Oladipupo *et al.*, 2020). En effet, plusieurs huiles essentielles extraits des différentes plantes, *Angelica sinensis*, *Curuma aeruginosa*, *Cyperus rotundus*, *Eucalyptus robusta*, *Illicium verum*, *Lindera aggregate*, *Ocimum basilicum* et *Zanthoxylum bungeanum* ont été testés chez *B. germanica* (Liu *et al.*, 2015).

### II.6.3. La lutte physique.

Elle consiste l'utilisation des pièges à glue (Iyon, 1997 ; Kim *et al.* 2000). Les appâts ont été longtemps utilisé contre les blattes. Ils peuvent exister sous plusieurs formes (figure 10) notamment des pâtes, granulés, gels ou poudres (Pachamuthu *et al.*, 1999 ; Montalva *et al.*, 2016). Ils sont généralement basés sur insecticide à action prolongée, il faut au moins 7 jours pour produire effet (Durier & Rivault, 2000).



**Figure 10 :** Quelques modèles de piège. **(a):** Piège mécanique élaboré contenant un aliment attractif. **(b):** Papier gluant recouvert de blattes prises au piège: le piège contient un produit chimique attractif. **(c):** Piège constitué d'un simple bocal garni de raisins secs comme appât: une feuille de papier facilite l'entrée des blattes.

***2<sup>eme</sup> Partie :***  
***partie expérimentale***

***Chapitre III : Matériel et***  
***Méthodes***

### **Chapitre III : Matériel et méthodes.**

#### **III.1. Objectif de travail.**

L'objectif de ce travail consiste à évaluer l'effet toxique de bicarbonate de sodium chez les adultes de *Blattella germanica*, afin de concilier ce produit à sa qualité d'insecticide. Le but étant d'aboutir à un dosage de concentration du bicarbonate de sodium plus indiqué et ainsi mieux s'armer pour lutter contre ce fléau le plus communément associée à l'homme. La toxicité de ce composé a été évaluée chez les adultes de *B. germanica* par ingestion en estimant les doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90).

#### **III.2. Matériel.**

##### **III.2. 1. Matériel biologique.**

*B. germanica* (L.) de l'ordre des Dictyoptères et de la famille des Blattellidae, est une espèce domestique, cosmopolite, nocturne, à développement hétérométabole. Le corps des adultes est aplati, ovale mesurant 11 à 12 mm de longueur avec une couleur qui varie de brun pâle à noire. *Blattella germanica* à forte capacité de résistance s'accommode à tous les régimes alimentaires car omnivore (Gordan, 1996). Cette espèce, caractérisée par un fort potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrême et son intérêt dans le domaine médical, représente un modèle de choix.

##### **III.2. 2. Matériel chimique.**

Le Bicarbonate de sodium de formule chimique brute  $\text{NaHCO}_3$ , est un composé inorganique, ionique blanc de l'anion hydrogénocarbonate et du cation sodium, qui se présente sous forme de poudres. La forme ultra pure, très rare, est constituée de cristaux prismatiques blancs, a un poids moléculaire 84 g/mol et une température de fusion de 270°C. Leur solubilité dans l'eau à 0°C est 6,9 g/100 g d'eau et 16,4 g/100 g d'eau à 60°C. Le bicarbonate de soude existe sous trois principales qualités différentes : technique, alimentaire et pharmaceutique, celles-ci possèdent des critères de pureté différents (Nicolas, 2019). Le bicarbonate alimentaire a été utilisé depuis longtemps par les grand-mère pour lutter contre quelque nuisibles. À cause de non nocivité pour l'environnement et la santé humaine et à partir des observations initiales, le bicarbonate alimentaire représente un composé de choix afin de concilier ce produit à sa qualité d'insecticide.

### III.3. Méthodes.

#### III.3.1. Méthode de prélèvement.

Les prélèvements des blattes se font à différents endroits de la ville (hôpitaux, structures commerciales, résidences universitaire et logements) (Figure 11). La capture des blattes a été réalisée manuellement, elle a été faite enlaçant des pièges dans les coins là où les blattes sont généralement les plus abondantes. Les pièges sont, soit des bouteilles en plastique dans lesquelles on met des attractifs alimentaires (pomme, des biscuits ou des morceaux de pain), soit des cartons pliés sous lesquels les blattes s'abritent (Figure 12 A et B).



Figure 11. Lieu de collection de blattes dans les bâtiments (photo original, 2020).



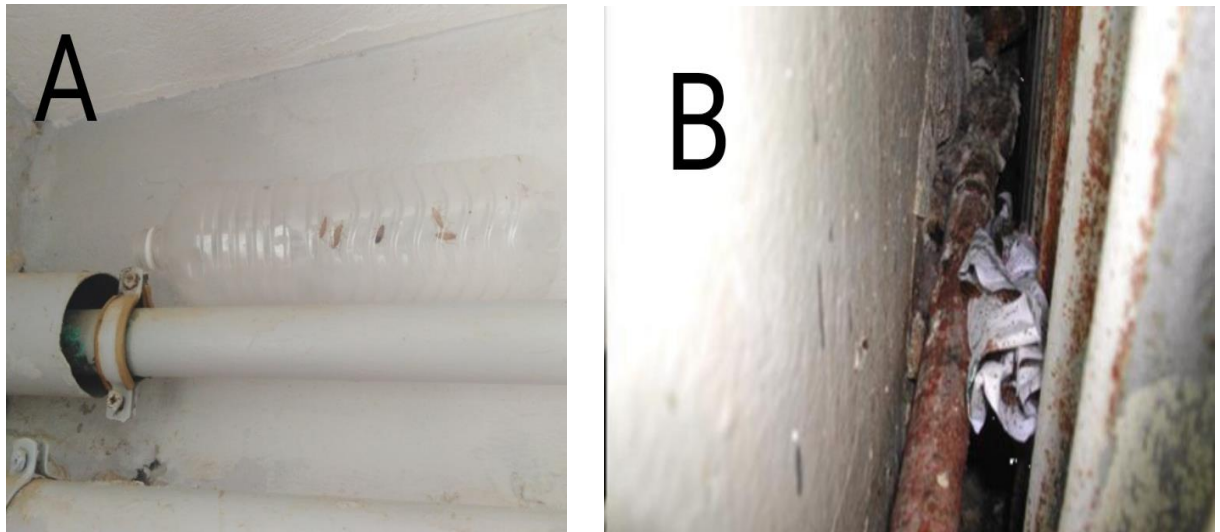


Figure 12. Piège pour capter des cafards (A : piège de bouteilles en plastique, B : cartons pliés) (photo original, 2020).

### III.3.2. Elevage en Laboratoire.

L'élevage des blattes a été conduit dans des boîtes en plastiques transparentes continent des trous, permettent l'aération et d'emballages alvéolés d'œufs qui servent d'abris. Les blattes sont nourries avec des biscuits et abreuvées du coton imbibé d'eau. L'élevage est maintenu à une température de  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , une hygrométrie de 70 à 80% et une photopériode de 12 heures Figure 13).



Figure 13. Elevage de *B. germanica* en Laboratoire (photo personnelle, 2020).

**III.3.3. Préparation de la substance chimique de bicarbonate de soude.**

Le bicarbonate de sodium est obtenu à partir d'un magasin d'alimentation général. Ainsi et après un screening, les doses utilisées sont de 400, 450, 600 et 800 mg/insecte. La pesée des doses de bicarbonate de sodium a été effectuée grâce à une balance de précision localisée dans le Laboratoire. Les doses pesées ont été mélangées avec du biscuit poids/poids et servit de nourriture pour les adultes nouvellement émergés de *Baltella germanica*.

**III.3.4. Traitement des insectes et tests de toxicité.****III.3.4.1. Traitement des insectes.**

L'administration de bicarbonate de soude aux adultes de *B. germanica* nouvellement émergés (0 jour), a été effectuée par ingestion sous forme d'un mélange (biscuit/insecticide). Les adultes mâle et femelle sont regroupés par 15 individus, dans des boîtes et traités, par des doses croissantes de bicarbonate de sodium 400, 450, 600 et 800 mg/insecte. L'essai pour chaque dose est conduit en utilisant 3 réplifications qui comportent chacune 15 insectes ; une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent uniquement du biscuit. Cette série d'expérience a été menée, afin de caractériser le pouvoir insecticide de bicarbonate de sodium, à l'égard des adultes de *B. germanica*. La toxicité de bicarbonate de sodium, chez *B. germanica* sera estimée par la détermination des doses létales, DL50 et DL90 à différents intervalles de temps après traitement (24, 48, 72, 96, 120 heures), ainsi que les temps létaux TL50 et TL90 pour les doses utilisées.

**III.3.4.2. Tests de toxicité.****III.3.4.2.1. Le calcul de la mortalité observée.**

Le pourcentage de mortalité observée chez les séries témoins et les séries traitées est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre des Blattes morts après traitement}}{\text{Nombre total de Blattes traités}} \times 100$$

**III.3.4.2.2. Le calcul de la Mortalité corrigée.**

Le pourcentage de mortalité observée est corrigé par la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle.

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{\text{Mortalité observée chez les traités} - \text{mortalité observée chez les témoins}}{100 - \text{mortalité observée chez les témoins}} \times 100$$

**III.3.4.2.3. Transformation angulaire.**

Les pourcentages de mortalité corrigée subissent une transformation angulaire selon Bliss (1938), cité par Fisher & Yates (1957). Les données normalisées font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification ; suivie par le classement des doses par le test de Tuckey.

**III.3.4.2.4. Analyse des probits.**

Les pourcentages de mortalité corrigée subissent une transformation en probits (Fisher & Yates, 1957). Le logarithme décimal des doses en fonction du probit nous permet de déterminer les droites de régression à partir desquelles, les DL50 et DL90, ainsi que les TL50 et TL90 sont précisés (Finney, 1971).

**III.3.4.2.5. Le calcul des intervalles de confiance.**

La méthode de Swaroop *et al.* (1966) précise l'intervalle de confiance (IC) avec une probabilité de 95 % :

-Limite supérieure = DL50 x FDL50

-Limite inférieure = DL50 / FDL50

Aussi deux paramètres sont nécessaires :

-Le 1<sup>e</sup> paramètre est le S (Slope), donné par la formule suivante :

$$S = (DL84 / DL50 + DL50 / DL16) / 2$$

-Le 2<sup>ème</sup> paramètre est le FDL50 donnée par la formule suivante :

$$FDL50 = \text{Anti log } C$$

$$C = \log S \times 2, 77 / \sqrt{N} : (N \text{ c'est le nombre total des blattes testées})$$

#### **III.4. Analyse statistique.**

Les résultats obtenus sont représentés par la moyenne arithmétique plus au moins l'écart type ( $m \pm s$ ) établie sur un effectif ou un nombre de répétitions précisées dans les tableaux et les figures. Différents tests statistiques sont réalisés à l'aide du logiciel Prisme Graphpad d'analyse et de traitement statistique des données (Version 8 pour Windows 7).

- ❖ Pour toutes les séries de données l'égalité des variances a été confirmée grâce au test de Bartlett et Levene avant l'utilisation de l'analyse de la variance. Dans le cas où l'égalité des variances n'est pas obtenue, une transformation logarithmique (ln) des données a été réalisée (Dagnelie, 1998).
- ❖ La régression linéaire, le test « t » de Student ( $p \leq 5\%$ ), l'analyse de la variance à un critère de classification du modèle linéaire généralisé (GLM) permis de mettre en évidence les différences entre les groupes étudiés.
- ❖ Le test HSD (honest significative difference) de Tukey a permis de classer les molécules en groupes selon leurs effets.

# ***Chapitre IV. Résultats***

## **IV. Résultats.**

L'efficacité d'un insecticide est appréciée dans le temps par la détermination de la mortalité des individus. La mortalité observée (%) est corrigée à partir d'une mortalité naturelle.

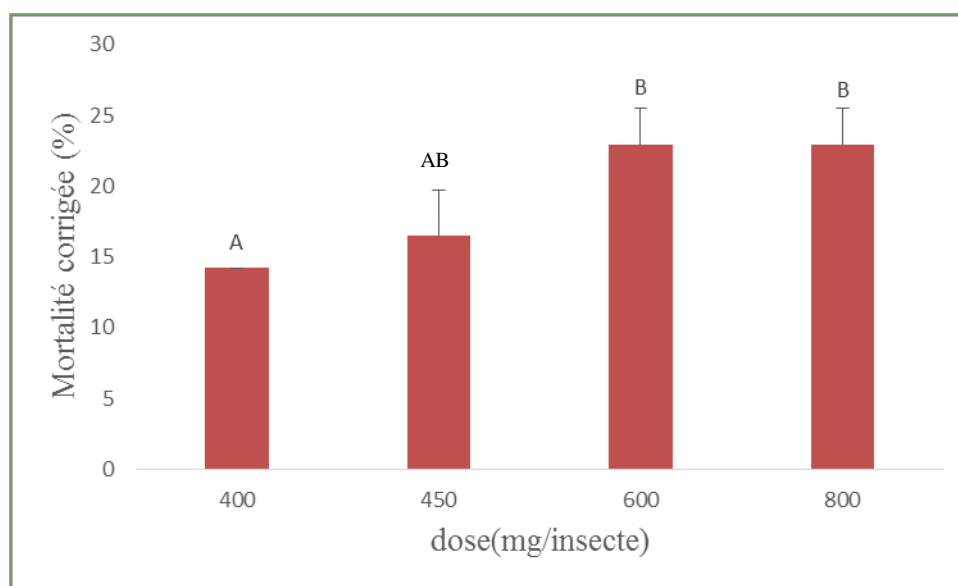
La toxicité de bicarbonate de sodium exprimée par les doses létales (DL50, DL90) et les temps létaux (TL50, TL90). La DL50 et DL90 représentent la quantité d'insecticide par unité de poids qui pourrait tuer 50% et 90% de la population respectivement. La TL50 et TL90 représentent les temps au bout duquel on pourrait avoir une mortalité de 50 % et 90% respectivement des individus à une dose donnée. Les doses létales et les temps létaux sont déterminés à partir de l'équation de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des doses ou des temps.

### **IV.1. Toxicité de bicarbonate de sodium à l'égard des adultes de *B. germanica* et détermination des DL50 et DL90.**

#### **IV.1.1. Après 24 h de traitement.**

Après l'administration de bicarbonate de sodium, par ingestion aux adultes de *B. germanica* nouvellement exuvies, à plusieurs doses (400, 450, 600 et 800 mg/insecte) ; Le taux de mortalité observée est nul chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à  $22,93 \pm 2,59$  % pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montre l'effet réel des différentes doses, elles varient de  $14,2 \pm 0,00$  % pour la faible dose 400 mg/insecte à  $22,93 \pm 2,59$  % pour la dose la plus élevée 800 mg /insecte.

Les taux des mortalités corrigées subissent une transformation angulaire et font l'objet d'une analyse de la variance à un seul critère de classification (annexe : tableau 1). Les résultats indiquent des différences significatives à 24 heures  $p = 0,021$ . Le classement des doses par le test de Tukey (Comparaison des moyennes deux à deux de l'effet dose sur la mortalité) révèle deux groupes : le premier groupe représenté par les doses 400 et 450 mg/insecte, le second renferme les traités à 450, 600 et 800 mg/insecte. (Figure 14).



**Figure 14 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 24 heures de traitement : classement des doses ( $m \pm s$  ; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes  $p > 0,05$ ).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 2) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,85$  %, révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement 3,537 mg/insecte (2,945 – 4,247) et 4,683 mg/insecte (3,899 – 5.624) (Tableau 2)

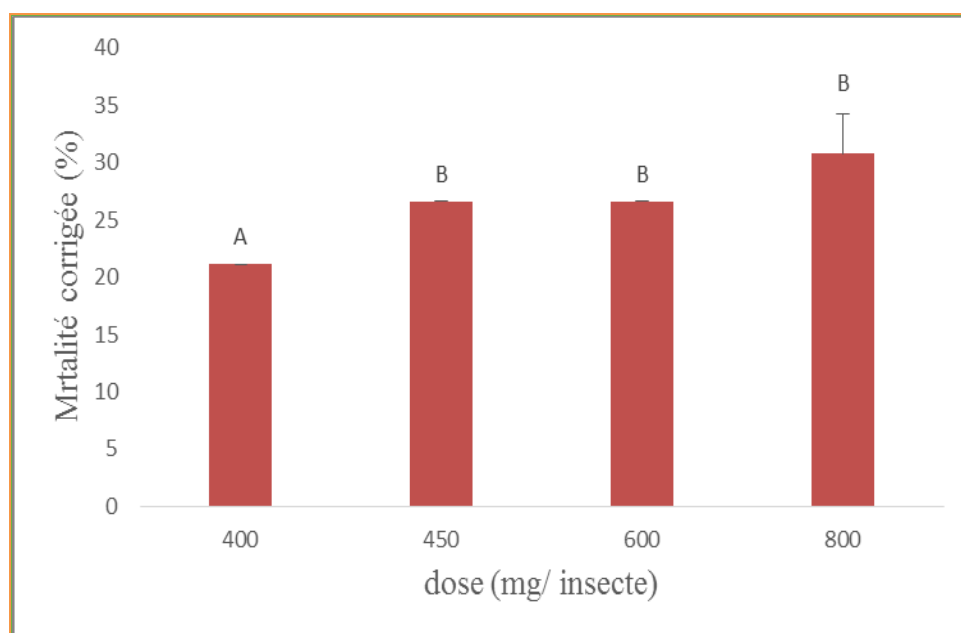
**Tableau 02 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 24 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 mg/insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
Bicarbonate de sodium	$Y = 1,1172 x + 1,0479$	1,292	3,537 (2,945 – 4,247)	4,683 (3,899 – 5,624)

#### IV.1.2. Après 48 h de traitement.

Après traitement avec le bicarbonate de sodium des adultes de *B. germanica* nouvellement exuvies, à différentes doses (400, 450, 600 et 800 mg/insecte) ; Le taux de mortalité observée est nul chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à  $30,8 \pm 3,47$  % pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de  $21,1 \pm 0,00$  % pour la faible dose 400 mg/insecte à  $30,8 \pm 3,47$  % pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte.

L'analyse de la variance à un critère de classification (annexe : tableau 2) des mortalités corrigées et transformés indique qu'il existe un effet dose très significatif  $p \leq 0,006$  Le classement des doses par le test de Tukey révèle deux groupes : le premier groupe représenté par la dose 400 mg/insecte, le second renferme les doses 450, 600 et 800 mg/insecte (Figure 15).



**Figure 15 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 48 heures de traitement : classement des doses ( $m \pm s$  ; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes  $p > 0,05$ ).



L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 3) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,78 \%$ , révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : 3,566 mg/insecte (2,732 – 4,653) et 5,198 mg/insecte (3,983 – 6,783) (Tableau 3).

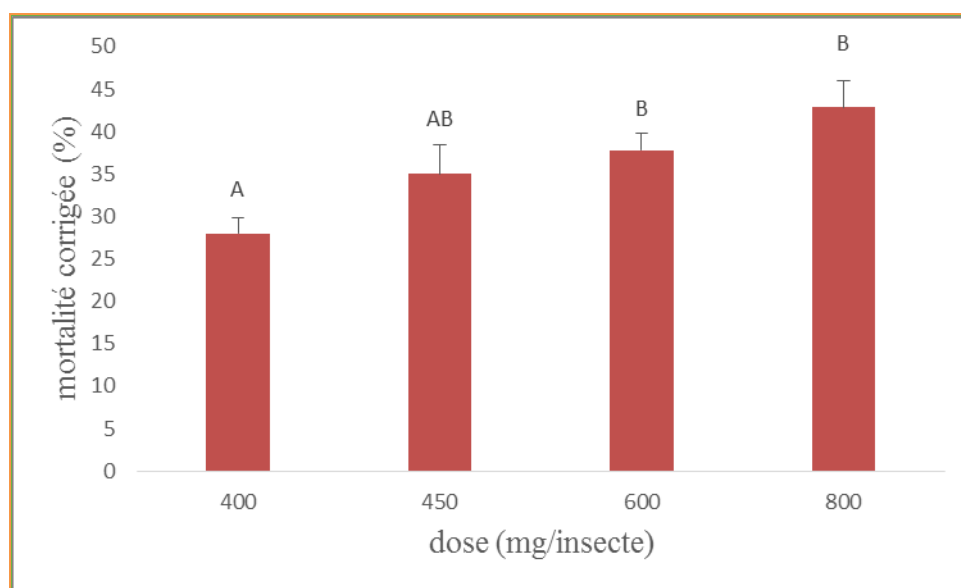
**Tableau 03** : Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 48 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 mg/insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
bicarbonate de sodium	$Y = 0,7841 x + 2,2037$	1,451	3,566 (2,732 – 4,653)	5,198 (3,983 – 6,783)

#### IV.1.3. Après 72 h de traitement.

Après traitement avec le bicarbonate de sodium à différentes doses (400 ; 450 ; 600 ; 800 mg/insecte) ; Le taux de mortalité observée est nul chez les séries témoins, cependant augmente chez les séries traitées jusqu'à  $42,86 \pm 3,06 \%$  pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de  $27,96 \pm 1,93 \%$  pour la faible dose 400 mg/insecte à  $42,86 \pm 3,06 \%$  pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte.

Les résultats de l'ANOVA donnés en annexe (tableau 3) des mortalités corrigées indiquent qu'il existe un effet dose très significatif  $p = 0,004$ . Le classement des doses par le test de Tukey révèle deux groupes : le premier groupe représenté par les doses 400 et 450 mg/insecte, le second renferme les traités à 450, 600 et 800 mg/insecte (Figure 16).



**Figure 16 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 72 heures de traitement : classement des doses ( $m \pm s$  ; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes  $p > 0,05$ ).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 04) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,878 \%$ , révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : 3,058 mg/insecte (2,490 – 3,755) et 4,153 mg/insecte (3,381 – 5,099) (Tableau 4).

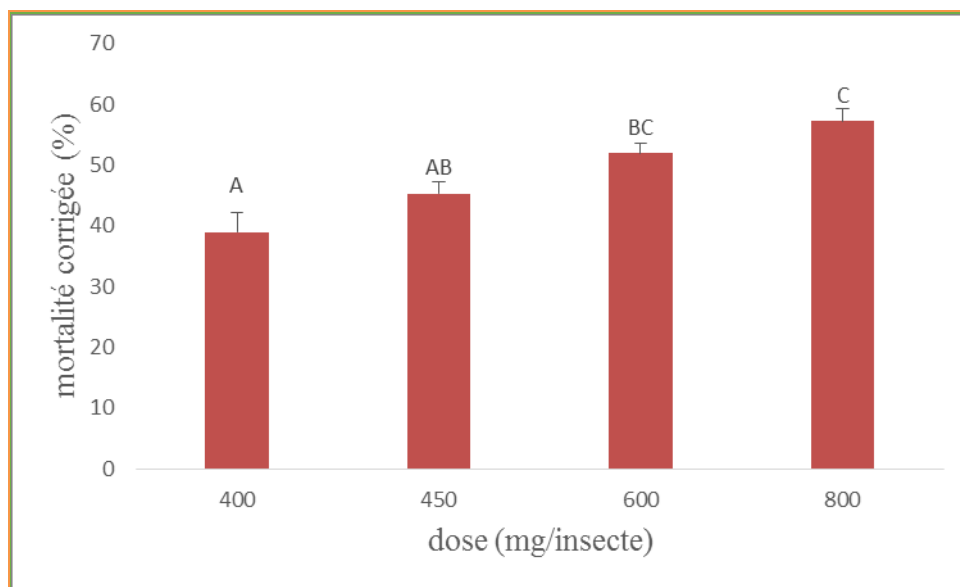
**Tableau 4 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 72 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 mg/insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
bicarbonate de sodium	$Y = 1,1696 x + 1,4224$	1,332	3,058 (2,490 – 3,755)	4,153 (3,381 – 5,099)

#### IV.1.4. Après 96 h de traitement.

Après l'administration de bicarbonate de sodium par ingestion à différentes doses (400, 450, 600 et 800 mg/insecte) ; Le pourcentage de mortalité observée est nul chez les séries témoins cependant augmente chez les séries traitées jusqu'à  $57,2 \pm 2,07$  % pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte. Les mortalités corrigées montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de  $39 \pm 3,10$  % pour la faible dose 400 mg/insecte à  $57,2 \pm 2,07$  % pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte.

Les résultats de l'ANOVA mettent en évidence des différences très hautement significatives  $p = 0,0001$  entre les doses utilisées annexe (tableau 4). Le test de Tukey a permis de classer les différentes doses en trois groupes : le premier groupe représenté par la dose 400 et 450 mg/insecte, le second par la dose 450 et 600 mg/insecte le troisième renferme les traités à 600 et 800 mg/insecte (Figure 17).



**Figure 17 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 96 heures de traitement : classement des doses ( $m \pm s$  ; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes  $p > 0,05$ ).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 5) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,963 \%$ , révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : 2,775 mg/insecte (2,312 – 3,33) et 3,67 mg/insecte (3,058 – 4,404) (Tableau 5).

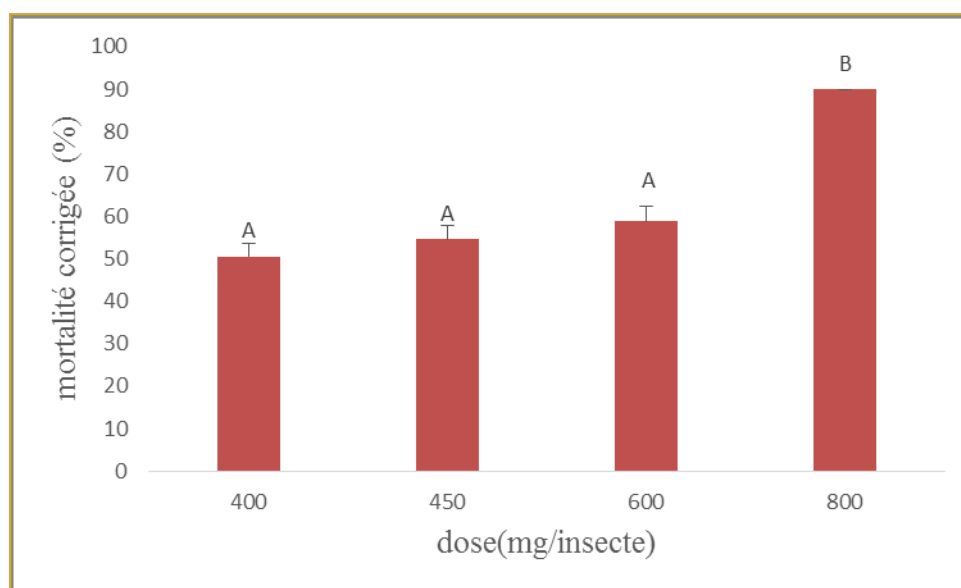
**Tableau 5** : Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 96 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 mg/insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
Bicarbonate de sodium	$Y = 1,313 x + 1,0268$	1,290	2,775 (2,312 – 3,33)	3,67 (3,058 – 4,404)

#### IV.1.5. Après 120 h de traitement.

Après l'administration de l'imidaclopride par ingestion à différentes doses (400, 450, 600 et 800 mg/insecte) ; Le pourcentage de mortalité observée est nul chez les séries témoins cependant augmente chez les séries traitées jusqu'à  $90 \pm 0,00 \%$  pour la dose la plus élevée 800  $\mu\text{g/insecte}$ . Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de  $50,6 \pm 3,10 \%$  pour la faible dose 400 mg/insecte à  $90 \pm 0,00 \%$  pour la dose la plus élevée 800 mg/insecte.

L'analyse de la variance à un critère de classification (annexe : tableau 5) des mortalités corrigées indique qu'il existe un effet dose très hautement significatives  $p = 0,0001$ . Le classement des doses par le test de Tukey révèle deux groupes : le premier groupe représenté par la dose 400, 450 et 600 mg/insecte, le second par la dose 800 mg/insecte (Figure 18).



**Figure 18 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 120 heures de traitement : classement des doses ( $m \pm s$  ; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes  $p > 0,05$ ).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 6) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,818$  %, révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : 2,634 mg/insecte (2,463 – 2,815) et 2,955 mg/insecte (2,764 – 3,158) (Tableau 6).

**Tableau 6 :** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) après 120 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 mg/insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
Bicarbonate de sodium	$Y = 3,9914x - 5,515$	1,099	2,634 (2,463 – 2,815)	2,955 (2,764 – 3,158)

## IV.2. Détermination des TL50 et TL90 de bicarbonate de sodium chez les adultes de *B. germanica*.

### IV.2.1. Après traitement à 400 mg/insecte.

Après traitement des adultes de *B. germanica* avec bicarbonate de sodium à la faible dose (400 mg/insecte), les TL50 et les TL90 déterminés à partir de la droite de régression, exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal du temps, sont respectivement 2,167 à 3,027 heures (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 400 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (heure) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
Bicarbonate de sodium	$Y = 1,4888 x + 1,7731$	1,374	2,167 (1,768 – 2,645)	3,027 (2,411 – 3,798)

### IV.2.2. Après traitement à 450 mg/insecte.

Les valeurs des TL50 et TL90 déterminées après traitement des adultes de *B. germanica* par le bicarbonate de sodium à la dose de 450 mg/insectes sont mentionnées dans le tableau 8.

**Tableau 8 :** Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 450 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (heure) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
Bicarbonate de sodium	$Y = 1,529 x + 1,8429$	1,385	2,064 (1,635 – 2,604)	2,902 (2,299 – 3,662)

**IV.2. 3. Après traitement à 600 mg/insecte.**

Les TL50 et les TL90, déterminés à partir de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal du temps, sont respectivement de l'ordre de 2,00 à 2,891 heures (Tableau 9).

**Tableau 9 :** Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 600 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (heure) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
<b>Bicarbonate de sodium</b>	$Y = 1,4357 x + 2,1284$	1,435	2,00 (1,545 – 2,588)	2, 891 (2,234 – 3,74)

**IV.2 4. Après traitement à 800 mg/insecte.**

Les TL50 et les TL90, déterminés après traitement des adultes de *B. germanica* à une dose de 800 mg/insecte de bicarbonate de sodium sont respectivement 1,797 et 2,312 heure (Tableau 10).

**Tableau 10 :** Toxicité de bicarbonate de sodium après traitement à 800 mg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (heure) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
<b>Bicarbonate de sodium</b>	$Y = 2,4832 x + 0,5372$	1,141	1,797 (1,574 – 1,973)	2,312 (2,105 – 2538)

**Discussion.**

Le bicarbonate de sodium testés par ingestion le jour de l'exuviation imaginale des adultes de *Blattella germanica*, entraînent des symptômes classiques macroscopiques de neurotoxicité tels qu'un manque de coordination, une prostration, des tremblements et d'autres contractions involontaires des muscles. Ces observations sont en accord avec des observations antérieures décrites par Habes *et al.* (2006), Chen *et al.* (2014) et Farid *et al.* (2015). Ces symptômes s'expliquent par leur action via la liaison aux récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChRs) des insectes (Shi *et al.*, 2011 ; Seifert & Stollberg, 2005).

La toxicité de bicarbonate de sodium (composé inorganique), a été évaluée par ingestion chez les adultes de *B. germanica*, où des individus nouvellement exuviés sont exposés à différentes doses (400, 450, 600,800 mg/insecte). Ces doses sont incorporées dans des biscuit poids/poids et servies comme nourriture aux insectes. Les DL50 et DL90 mg/insectes calculées dans différents temps sont de l'ordre de (3,537 ; 3,566 ; 3,058 ; 2,776 ; 2,634 mg/ insecte) et (4,683 ; 5,198 ; 4,153 ; 3,67 ; 5,955 mg/insecte) à 24, 48, 72 ,96 et 120 heures respectivement. La toxicité de bicarbonate de sodium évaluée chez *B. germanica* a révélée après 24 heures de traitement une DL50 de l'ordre de 3,537 mg/insectes. Cependant après 120 heures la DL50 enregistrée est de l'ordre de 2,634 mg/insecte, ce qui explique que ce composé manifeste sa toxicité à long-terme chez cet insecte.

Identiquement, le bicarbonate de sodium a présenté une forte toxicité, par ingestion dans le contrôle des larves de cinquième stade, de *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera : Tortricidae) (teigne du pommier) Lewthwaite *et al.* (1999). En effet, ces travaux ont révélé une mortalité de plus que 99% après la combinaison de (3%) de bicarbonate de sodium et 0,05% de laurylsulfate de sodium. Pareillement les travaux de Castorina (2019), ont enregistré une mortalité de 100% après 12 heures de temps, chez les larves de moustiques traités par 12 g/L de bicarbonate de sodium. Une mortalité de 80% à 100% a été également constaté, chez plusieurs espèces ravageuses de culture *Schistocerca gregaria* *Locusta migratoria* et *Tenebrio molitor*, après traitement par un mélange de 1 g de bicarbonate de sodium, diluée dans 10 ml d'eau distillé additionnés à 50 ml des huiles de plantes *Linum usitatissimum* à 10% (Abdelatti & Hartbauer, 2020).

D'autre part, un large spectre de bicarbonate de sodium est noté chez les bactérie et les champignons. En effet, associés à d'autres molécules, Plusieurs travaux ont démontré



l'efficacité de bicarbonate de sodium dans le contrôle des bactéries (Gawande *et al.*, 2008). Ainsi, le mélange de métaperiodate de sodium (SMP) et de dodécyl sulfate de sodium (SDS), peuvent également réduire la capacité des bactéries Gram-négatives et Gram-positives. Ce phénomène a été également démontré par un effet inhibiteur à large spectre sur la croissance, ainsi que dispersément de plus de 90% du biofilm de *Pseudomonas aeruginosa*. Des effets similaires sont notés, après la combinaison de bicarbonate de sodium et de peroxyde d'hydrogène, chez des bactéries cariogènes Streptococcus, par un empêchement de sa croissance (Silhacek & Taake, 2005). Par ailleurs, le bicarbonate de sodium provoque une inhibition de la croissance, chez le champignon vaginale *Candida albicans* après 168 heures de traitement (Varsha-Shegokar & Sneha-Khadse, 2020).

D'autre part, Le bicarbonate de sodium était un agent virucide rapide car 0,5% du bicarbonate tuait 99,22% de *Calicivirus félin* (FCV) en 3 minutes. En conséquence à la concentration de 2%, le FCV a diminué à des niveaux indétectables en une minute (Malik & Goyal, 2006).

Des effets comparables ont été constatés chez *B. germanica*, après l'administration d'un autre insecticide inorganique l'acide borique, par la même voie d'entrée. En effet, différentes concentrations de l'acide borique incorporé dans la nourriture et administrées aux adultes nouvellement exuviés. Les résultats obtenus, présente des CL50 (%) de l'ordre 85,11 ; 67,6 ; 39,67 et 8,2% calculées dans différents intervalles de temps 24, 48, 72 et 144 heures, respectivement (Habes *et al.*, 2006). Cependant l'administration de cet insecticide par une autre voie d'entrée (injection) révèle à 144 heures une CL50 de l'ordre de 3,88%. Ce qui explique que cet insecticide est plus efficace à l'égard de cet insecte par injection CL50 = 3,88% que par voie orale CL50 = 8,2 % (Habes *et al.*, 2006 ; Messiad *et al.*, 2016).

Des résultats analogues, obtenus chez la même espèce *Blattella germanica* traités par d'autres types de molécules appartenant à différents famille d'insecticides. En effet, les travaux de Baniardalani *et al.* (2019) ont enregistré une toxicité pareille, chez les larves de cette espèce par ingestion, après l'application d'un biopesticide de synthèse l'imidaclopride et le chlorpyrifos. Ces deux insecticides en forme d'appâts, après une exposition de 24 heures révèlent des DL 50 et DL 90 de l'ordre de (2,66 et 6,21 mg/m<sup>2</sup>) et (9,92 et 27,73 mg/m<sup>2</sup>) pour l'imidaclopride et le chlorpyrifos respectivement.

D'autres part, des résultats comparables obtenus chez la même espèce après l'application des extraits de plantes. Subséquemment l'administration de la poudre de clou de girofle, *Syzygium aromaticum*, espèce de plantes de la famille des Myrtaceae provoque une mortalité de 92% à 30 mg/cm<sup>2</sup> par contact, chez les adultes de *B. germanica* avec une TL50 de 4,6 heure (Neupane *et al.*, 2020). Aussi le même auteur suggérant, que l'huile de clou de girofle, l'eugénol appliqués à 4,00 ml/cm<sup>2</sup> ont fourni 95% et 85% de mortalité des blattes allemandes après 6 et 24 heures, respectivement.

D'autre part, nos résultats montrent que la dose létale (DL50) enregistrée décroît avec l'augmentation de la durée de traitement.

Des résultats semblables obtenu par (Habes *et al.*, 2013 ; Messiad *et al.*, 2016) qui ont constaté que le temps décroît au fur et à mesure que la dose de l'acide borique (insecticide inorganique) injectée aux adultes de *B. germanica* augmente. En effet, l'injection de 50 µg/insecte d'acide borique provoque une mortalité de 50% des blattes au bout de 20,88 jours. Alors que l'injection de 200 µg/insecte d'acide borique provoque une mortalité de 50% des blattes au bout de 2,99 jours. D'autre part la dose létale (DL50) enregistrée décroît avec l'augmentation de la durée de traitement où elle passe de 281,83µg/insecte après 24 heures de traitement, à 77,62µg/ insecte après 144 heures. Ahmed (2015) a également constaté que les TL50 enregistrés après l'administration de l'acide borique par ingestion aux adultes de *B. germanica* diminuent avec l'augmentation des concentrations. En effet les valeurs de TL50 sont à l'ordre de 5,42, 3,22 et 2,77 pour les concentrations 19,0, 25,0 et 37,5 % respectivement.

## **Conclusion et perspectives.**

Le bicarbonate de sodium, additif alimentaire est un composé inorganique non polluant. Ce composé a été testé par ingestion chez les adultes de *B. germanica*, nouvellement émergés, modèle biologique de choix de par son intérêt médical et sa grande capacité de résistance. L'évaluation de la toxicité de cette molécule chez cette espèce d'insecte, été par la détermination des doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90) après son administration par voie orale.

L'étude toxicologique montre que le traitement de *Blattella germanica* par ingestion, avec le bicarbonate de sodium, provoque des symptômes classiques macroscopiques, tels qu'un manque de coordination, une prostration, des tremblements et d'autres contractions involontaires des muscles. Ensuite des signes de la tétanie musculaire, menant à la paralysie et enfin la mort de l'insecte ont été considérés. Ces symptômes pourraient être expliqués par la neurotoxicité de ce composé.

Les résultats corrélatifs aux essais de toxicité, révèlent des valeurs respectives des DL50 et DL90 qui sont de l'ordre de 2,634 et 2,955 mg/insecte après 120 heures d'exposition et des TL50 et TL90 sont de l'ordre de 1,797 et 2,312 jours à la forte dose 800 mg/insecte. Ceci indique que le bicarbonate de sodium manifeste une activité très toxique chez *B. germanica* à long-terme. Encore, un effet dose réponse a été constaté, plus la dose est élevée plus le taux de mortalité est important.

Aussi et compte tenu de tous ces résultats, le bicarbonate de sodium semble être, chez *B. germanica* l'insecticide à privilégier de par, son efficacité et son non altération environnementale. En outre, c'est la molécule qui est recommandée dans la lutte contre les Blattes, résistantes aux insecticides conventionnels (organophosphorés, carbamates et pyréthrinoides).

Au futur, il serait intéressant de compléter ce travail en premier lieu par la comparaison de l'effet de bicarbonate de sodium avec un autre insecticide conventionnel aillant le même mode d'action afin de faire une étude plus ciblée. En outre, en raison de la neurotoxicité et la relation étroite qui existe entre le système nerveux et neuroendocrine chez les insectes, sollicitent des études perspectives d'approfondissements sur les hormones et neurohormones, impliquées dans le contrôle endocrine de la reproduction. Par ailleurs, une étude sur la mise en place d'un mécanisme de détoxification, serai très intéressante par un dosage des enzymes de détoxification. Enfin, il serait très intéressant de réalisé une étude histologique de l'intestin, afin de mieux comprendre le mécanisme d'action de bicarbonate de sodium.

**Résumé :**

*Blattella germanica*. L (Dictyoptera : Blattellidae), insectes intimement liées à l'Homme. Cette espèce, caractérisée par un potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrême et son intérêt médical, car se trouve souvent à l'origine de plusieurs maladies infectieuses, et présente de ce fait un énorme problème de santé humaine. Le bicarbonate de sodium, additif alimentaire est un composé inorganique, a été testé par ingestion, le jour de l'exuviation des adultes mâles et femelles de *B. germanica*. La toxicité de ce composé a été évaluée, en estimant les doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90) par voie orale chez ce fléau. Cet additif alimentaire a présenté une forte activité insecticide à l'égard des adultes de *B. germanica*. En effet, un large spectre déterminé par, les doses létales (DL50 et DL90), estimées après différents temps de traitement et qui sont respectivement de l'ordre de 2,634 et 2,955 mg/insecte après 120 h d'exposition. Ceci indique que le bicarbonate de sodium manifeste une activité toxique chez *B. germanica* à long terme. Par ailleurs, les divers temps létaux ont été également précisés pour les diverses doses. Les TL50 et TL90 évalués sont respectivement 1,797 et 2,312 jours pour la forte dose 800 mg/insecte.

**Mots clés :** Blattes, *Blattella germanica*, insecticide, pesticide, toxicité, bicarbonate de sodium.

**Abstract :**

*Blattella germanica*. L (Dictyoptera : Blattellidae), the most associated human cockroach. This species, characterized by a high reproductive potential, resistance to extreme conditions and its medical interest, because it is often the source of several infectious diseases, and presents a huge problem for human health. Sodium bicarbonate, alimentary additive is inorganic compound, has been tested by ingestion at newly emerged adults male and female of *B. germanica*. The toxicity of this compound was evaluated by estimating the lethal doses (LD50 and LD90) and the lethal times (LT50 and LT90) by the oral administration among this plague. This alimentary additive, manifested a strong insecticidal activity against adults of *B. germanica*. Indeed, a broad spectrum determined by the lethal doses (LD50 and LD90), estimated after different times, which are respectively 2,634 and 2,955 mg/insect after 120 h of exposure. This indicates that the sodium bicarbonate manifests its toxicity in long-term toward this nuisance. Furthermore, lethal times were also specified for the different doses. The LT50 and LT90 evaluated are respectively 1,797 and 2,312 days for the high dose 800 mg/insect.

**Keywords :** Cockroaches, *Blattella germanica*, insecticide, pesticide, toxicity, sodium bicarbonate.

**ملخص:**

الصراصير الألمانية: *Blattella germanica*. L (Blattellidae Dictyoptera) هي حشرات ذات صلة وثيقة بالبشر. يتميز هذا النوع بقدرته العالية على التكاث، ومقاومته للظروف القاسية وضرره الصحي، لأنه غالبا ما يكون مصدر العديد من الأمراض المعدية، وبالتالي يمثل مشكلة كبيرة على صحة الإنسان. لمكافحة هاته الآفة تم اختبار بيكربونات الصوديوم، وهو مادة مضافة للغذاء، ومركب غير عضوي، عند الذكور والإناث البالغين من *B. germanica* عن طريق البلع. تم تقييم سمية هذا المركب عن طريق تقدير الجرعات المميتة (DL50 و DL90) والأوقات المميتة (TL50 و TL90). أظهرت هذه المضافات الغذائية نشاطا إبادي قوي ضد هذا النوع من الحشرات *B. germanica*. بعد تقدير الجرعات المميتة (DL50 و DL90) بعد فترات مختلفة من زمن المعالجة، حددت على التوالي ب 2,634 و 2,955 ميليغرام /للحشرة بعد 120 ساعة من العلاج، وهذا يشير إلى أن بيكربونات الصوديوم ينفذ سميته بالنسبة الى هاته الآفة على المدى الطويل. علاوة على ذلك، تم تحديد الأوقات المميتة عند مختلف الجرعات المستعملة. حيث تم تقدير TL50 و TL90 على التوالي ب 1,797 و 2,312 يوم للجرعة العالية 800 ميليغرام /للحشرة.

الكلمات المفتاحية: الصراصير، *Blattella germanica*، مبيد، مبيدات حشرية، سمية، بيكربونات الصوديوم.

Références bibliographiques

- Abbott, W. S. (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267.
- Abdelatti, Z. A. S., & Hartbauer, M. (2020).** Plant oil mixtures as a novel botanical pesticide to control gregarious locusts. *Journal of Pest Science*, 93(1), 341-353.
- AHMED, F. S. (2015).** Toxicological studies on boric acid, Imidacloprid and fipronil and their binary Mixtures as insecticides on german cockroach *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera : Blattellidae). *CU Theses Department of Economic Entomology and Pesticides Faculty of Agriculture Cairo University Egypt P 120*.
- Aligon, D., Bonneau, J., Garcia J., Gomez, D., & Le Goff, D. (2010).** Estimation des expositions de la population générale aux insecticides: Les organochlorés, les organophosphorés et les pyréthrinoides, *Ecole des Hautes Etudes en santé publique*, 78p.
- Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F., & Mahari, S. (2006).** Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 10 (2) :67-71.
- Aribi, N., Denis, B., Kilani-Morakchi, S., & Joly, D. (2020).** L'azadirachtine, un pesticide naturel aux effets multiples. *Médecine/sciences*, 36(1), 44-49.
- Arruda, L. K., Ferriani, V. P., Vailes, L. D., Pomés, A., & Chapman, M. D. (2001).** Cockroach allergens : environmental distribution and relationship to disease. *Current allergy and asthma reports*, 1(5), 466-473.
- Ayinde, A. A., Morakinyo, O. M., & Sridhar, M. K. C. (2020).** Repellency and larvicidal activities of *Azadirachta indica* seed oil on *Anopheles gambiae* in Nigeria. *Heliyon*, 6(5), e03920.
- Baniardalani, M., Rahimian, A. A., Saghafipour, A., Basseri, H. R., Kababian, M., & Nejati, J. (2019).** Toxicity of imidacloprid and chlorpyrifos against German cockroaches *Blattella germanica*. *Int J One Health*, 5, 107-112.
- Bawin, T., De Backer, L., Dujeu, D., Legrand, P., Megido, R. C., Francis, F., & Verheggen, F. J. (2014).** Infestation level influences oviposition site selection in the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae). *Insects*, 5(4), 877-884.

- Bayer, B. E., Pereira, R. M., & Koehler, P. G. (2012).** Differential consumption of baits by pest blattid and blattellid cockroaches and resulting direct and secondary effects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 145(3), 250-259.
- Bell, W. J., Roth, L. M., & Nalepa, C. A. (2007).** Cockroaches : ecology, behavior, and natural history. *Edited by the Johns Hopkins University Press Chap 3 p 360.*
- Bliss, C. I. (1938).** The transformation of percentages for use in the analysis of variance, *P.9-12.*
- Boné, E., González-Audino, P. A., & Sfara, V. (2020).** Spatial Repellency Caused by Volatile Pyrethroids is Olfactory-Mediated in the German Cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae). *Neotropical Entomology*, 49(2), 275-283.
- Borozan-Dorey, V. (2002).** Le savoir-vivre des blattes : Blatte is beautiful. *Recherche (Paris, 1970)*, (358), 64-66.
- Breton, C. (2002).** Carbonate de sodium–Procédé Solvay à l’ammoniac. *Techniques de l’ingénieur P 90.*
- Campos, E. V., Proença, P. L., Oliveira, J. L., Bakshi, M., Abhilash, P. C., & Fraceto, L. F. (2019).** Use of botanical insecticides for sustainable agriculture : Future perspectives. *Ecological Indicators*, 105, 483-495.
- Carlson, J., Afanasiev, B., & Suchman, E. (2000).** Densonucleosis Viruses as Transducing Vectors for Insects. In *Insect Transgenesis : Methods and Applications*, Edited by A. M. Handler ; A. A. James. *New York : CRC Press pp. 139-159.*
- Casida, J. E. (2017).** Pesticide interactions : mechanisms, benefits, and risks. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(23), 4553-4561.
- Casida, J. E. (2018).** Neonicotinoids and other insect nicotinic receptor competitive modulators : progress and prospects. *Annual review of entomology*, 63, 125-144.
- Casida, J. E., & Durkin, K. A. (2013).** Neuroactive insecticides : targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual review of entomology*, 58, 99-117.
- Castillo, R.M., Stashenko, E., Duque, J.E. (2017).** Activité insecticide et répulsive de plusieurs huiles essentielles d'origine végétale contre *Aedes aegypti*. *Confiture. Mosq. Control Assoc.* 33, 25-35.
- Castorina, L. (2019).** *Can Sodium Bicarbonate Be Used to Kill Mosquito Larvae 1. California Science & Engineering Fair 2019 project Summary.*
- Cepeda-Palacios, R., Servín, R., Ramírez-Orduña, J. M., Ascencio, F., Dorchie, P., & Angulo-Valadez, C. E. (2014).** In vitro and in vivo effects of neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) products on larvae of the sheep nose bot fly (*Oestrus ovis* L. Díptera : Oestridae). *Veterinary parasitology*, 200(1-2), 225-228.



- Chaaban, A., Santos, V. M. C. S., Gomes, E. N., Martins, C. E. N., Amaral, W. do, Deschamps, C., & Molento, M. B. (2018).** Chemical composition of *Piper gaudichaudianum* essential oil and its bioactivity against *Lucilia cuprina* (Diptera : Calliphoridae). *Journal of Essential Oil Research*, 30(3), 159-166.
- Chen, S.M., Hu, I.H., Lee, C.Y., & Neoh, K.B. (2020).** Insecticide Resistance, and Its Effects on Bait Performance in Field-Collected German Cockroaches (Blattodea: Ectobiidae) From Taiwan. *Journal of Economic Entomology*, P. 1–10.
- Chopard, L. (1951).** Faune de France : Orthopteroïdes, P. Lechevalier, Paris. 56. 359 pp.
- Clynen, E., Bellés, X., & Piulachs, M. D. (2011).** Conservation of fruitless' role as master regulator of male courtship behaviour from cockroaches to flies. *Development genes and evolution*, 221(1), 43-48.
- Cochran, D. G. (1979).** Uric acid accumulation in young American cockroach nymphs. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 25(2), 153-157.
- Cochran, D. G. (2009).** Blattodea:(Cockroaches). In *Encyclopedia of insects*. Academic Press. pp. 108-112.
- Corbett, J. R., Wright, K., Baillie, A. C. (1984).** *The biochemical mode of action of pesticides*, 2nd ed. Academic, New York, pp 330.
- Cornwell, P. B. (1968).** The cockroach. Volume 1. A laboratory insect and an industrial pest. The cockroach. *Volume 1. A laboratory insect and an industrial pest. Natural Pest Control Agents. Adv. Chem. Ser. 53, p. 1-16.*
- Cornwell, P. B. (1976).** The cockroach, Vol. II. Insecticides and cockroach control. Associated Business Programmes. *St Martin's Press, New York*. 140p.
- Crosby, D.G. (1966).** Natural pest control agents. In Gould, R.F. (Ed.). *Natural Pest Control Agents. Adv. Chem. Ser. 53, p. 1-16*
- Dagnelie, P. (1998).** Inférence statistique à une et à deux dimensions (Vol. 2). De Boeck Supérieur. *Amazon France*, P. 284.
- Davari, B., Hassanvand, A. E., Nasirian, H., Ghiasian, S. A., Salehzadeh, A., & Nazari, M. (2017).** Comparison of cockroach fungal contamination in the clinical and non-clinical environments from Iran. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 49(2).
- DeVries, Z. C., Santangelo, R. G., Crissman, J., Suazo, A., Kakumanu, M. L., & Schal, C. (2019).** Pervasive resistance to pyrethroids in German cockroaches (Blattodea : Ectobiidae) related to lack of efficacy of total release foggers. *Journal of economic entomology*, 112(5), 2295-2301.

- Dhadialla, T. S., Retnakaran, A., & Smagghe, G. (2005).** Insect growth- and development-disturbing insecticides, in : L.I. Gilbert, K. Latrou, S.S. Gill (Ed), *Compreh. Mol. Insect S, Elsevier- Pergamon, Oxford, UK*, 6, 55-115.
- Domínguez-Santos, R., Pérez-Cobas, A. E., Artacho, A., Castro, J. A., Talón, I., Moya, A., ... & Latorre, A. (2020).** Unraveling Assemblage, Functions and Stability of the Gut Microbiota of *Blattella germanica* by Antibiotic Treatment. *Frontiers in microbiology*, 11, 487.
- Dowds, B. C., & Peters, A. R. N. E. (2002).** Virulence mechanisms. *Entomopathogenic nematology*, 79-98.
- Drake, D. (1997).** Antibacterial activity of baking soda. *Compendium of Continuing Education in Dentistry. (Jamesburg, N.J ; 1995). Supplement, 18 (21), S17-21; quiz S46.*
- Durier, V., & Rivault, C. (2000).** Comparisons of toxic baits for controlling the cockroach, *Blattella germanica* : attractiveness and feeding stimulation. *Medical and Veterinary Entomology*, 14(4), 410-418.
- Ebeling, W. (1978).** Urban Entomology. The Regents of the University of California, Sacramento, CA. 695 pp.
- Elie, M. P. (1998).** Blattes : une vie cachée. *QUEBEC SCIENCE*, 37, 12-14.
- El-Ouali Lalami, A., EL-Akhal, F., Ouedrhiri, W., Ouazzani, C. F., Guemmouh, R., & Greche H. (2013).** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulagris* et *Thymus satureioidis*. *Les technologies de LaboratoireES*, 8 (31), 27-33.
- Fabre, R., Truhaut, R., & Viel, G. (1954).** Considérations générales sur la toxicologie des produits phytopharmaceutiques (pesticides), 5, 177-198.
- Farid, A., Maid Zaman, M. S., & Khan, M. (2015).** Evaluation of boric acid as a slow-acting toxicant against subterranean termites (Heteroterms and Odontoterms). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3, 213-216.
- Finney, D. J. (1971).** *Probit Analysis: 3d Ed. Cambridge University Press, London, p.38.*
- Fisher, R.A., & Yates, F. (1957).** Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. 5<sup>ème</sup> édition, *Olivier et Boyd. London., pp. 64-66.*
- Fort, D. J., Stover, E. L., Bantle, J. A., Dumont, J. N., & Finch, R. A. (2001).** Evaluation of a reproductive toxicity assay using *Xenopus laevis* : boric acid, cadmium and ethylene glycol monomethyl ether. *Journal of Applied Toxicology : An International Journal*, 21(1), 41-52.
- Fulton, M. H., & Key, P. B. (2001).** Acetylcholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and

- effects. *Environmental Toxicology and Chemistry : An International Journal*, 20(1), 37-45.
- Gail, A. (2006).** *How to Remove Odors from Books* [archive]: Comment faire pour supprimer les odeurs de livres , sur *Book Think*. P 260.
- Gaire, S., Scharf, M. E., & Gondhalekar, A. D. (2019).** Toxicity and neurophysiological impacts of plant essential oil components on bed bugs (Cimicidae : Hemiptera). *Scientific reports*, 9(1), 1-12.
- Garfield, E. (1990).** The cockroach connection-ancient, seemingly indestructible pest. 2. population-control, or djerassi, how do you get them to take the pill. *Current contents*, 46, 5-13.
- Gaudin, O. (1937).** Recherches sur l'action physiologique des pyrethrines. *Vigot Feres* p,121-125.
- Gawande, P. V., LoVetri, K., Yakandawala, N., Romeo, T., Zhanel, G. G., Cvitkovitch, D. G., & Madhyastha, S. (2008).** Antibiofilm activity of sodium bicarbonate, sodium metaperiodate and SDS combination against dental unit waterline-associated bacteria and yeast. *Journal of applied microbiology*, 105(4), 986-992.
- Gilman, A.G., Goodman, L.S., Gilman, A. (1980).** The Pharmacological Basis of Therapeutics. 6<sup>e</sup> éd. *New York : Macmillan Publishing Co., Inc.* p. 995.
- Gindro, K., Lecoultre, N., Molino, L., Joffrey, J. P., Schnee, S., Voinesco, F., & Dubuis, P. H. (2014).** Development of rapid direct PCR assays to identify downy and powdery mildew and grey mould in *Vitis vinifera* tissues, 48 (4), 261-268.
- Gordon, D. G. (1996).** *The compleat cockroach : a comprehensive guide to the most despised (and least understood) creature on earth*. Springer Science & Business, p.178.
- Gordon, H. T. (1968).** Intake rates of various solid carbohydrates by male German cockroaches. *Journal of Insect Physiology*, 14(1), 41-52.
- Goyal, M., Shinde, L., Bayas, R. (2019).** Study of chemical composition and larvicidal efficacy of secondary metabolites from aromatic phytoextracts against dengue vector : *Aedes aegypti* (Linn) (Diptera : Culicidae). *Int. J. Mosquito Res*, 6 : 26-33.
- Grandcolas, P. (1996).** The phylogeny of cockroach families : a cladistic appraisal of morpho-anatomical data. *Canadian Journal of Zoology*, 74(3), 508-527.
- Grandcolas, P. (1998).** Les blattes. Organisation mondiale de la santé. Bureau régional de l'Europe, p.24.
- Greathead, D. J., Kooyman, C., Launois-Luong, M. H., & Popov, G. B. (1994).** *Les ennemis naturels des criquets du Sahel*. Collection acridologie opérationnelle no. 8.in : CILSS-DFPV/CIRAD-PRIFAS, Niamey, Niger.

- Grimaldi, D. A. (1997).** A fossil mantis (Insecta, Mantodea) in Cretaceous amber of New Jersey : with comments on the early history of the Dictyoptera. American Museum novitates ; no. 3204.
- Guillaumin, M., Renoux, J., & Stockman R. (1969).** La blatte: *Blabera fusca* Br. Edition Doin 1. Paris. Vol I: p. 67.
- Gutierrez, A. C., Gołębiowski, M., Pennisi, M., Peterson, G., García, J. J., Manfrino, R. G., & López Lastra, C. C. (2015).** Cuticle fatty acid composition and differential susceptibility of three species of cockroaches to the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota, Hypocreales). *Journal of economic entomology*, 108(2), 752-760.
- Habbachi, S., Amri, N., Habbachi, W., Benhissen, S., Tahraoui, A., & Rebbas, K. (2019).** Toxic effects of *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) aqueous extracts on mortality and sexual behavior of *Drosophila melanogaster* (Diptera : Drosophilidae). *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 7(3), 137–143.
- Habbachi, W. (2013).** *Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : essais toxicologiques, synergie et résistance aux insecticides et aux biopesticides* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar), p.170.
- Habes, D. (2006).** Evaluation d'un insecticide inorganique, l'Acide Borique à l'égard d'un modèle à intérêt médicale (*Blattella germanica*) : Inventaire, Toxicité, Analyse des résidus, structure de l'intestin et activités enzymatiques. Thèse de Doctorat. Université d'Annaba (Algérie) P 130.
- Habes, D., Kilani-Morakchi, S., Aribi, N., Farine, J. P., & Soltani, N. (2001).** Toxicity of boric acid to *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) and analysis of residues in several organs. *Mededelingen (Rijksuniversiteit te Gent. Fakulteit van de Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen)*, 66(2a), 525-534.
- Habes, D., Messiad, R., Gouasmia, S., & Grib, L. (2013).** Effects of an inorganic insecticide (boric acid) against *Blattella germanica* : Morphometric measurements and biochemical composition of ovaries. *African Journal of Biotechnology*, 12(18).
- Habes, D., Morakchi, S., Aribi, N., Farine, J. P., & Soltani, N. (2006).** Boric acid toxicity to the German cockroach, *Blattella germanica* : Alterations in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activity. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84(1), 17-24.
- Han, R., & Ehlers, R.U. (2000).** Pathogenicity, development, and reproduction of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* under axenic in vivo conditions. *J. Invertebr. Pathol.* 75, 55-58.
- Harouna, M. A., Baoua, I., Lawali, S., Tamò, M., Amadou, L., Mahamane, S., & Pittendrigh, B. (2019).** Essai comparatif de l'utilisation des extraits du Neem et du virus entomopathogène Mavi NPV dans la gestion des insectes ravageurs du niébé en milieu paysan au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(2), 950-961.

- Hasche, J. J., Zumofen, M. (1999).** Notions d'hygiène hospitalière, P. 210.
- Hasimuna, O. J., Monde, C., Mweemba, M., & Nsonga, A. (2020).** The anaesthetic effects of sodium bicarbonate (baking soda) on *greenhead tilapia* (*Oreochromis macrochir*, Boulenger 1912) broodstock. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 46 (2) : 195-199.
- Hauptmann, H., Mühlbauer, G., & Sass, H. (1986).** Identifizierung und synthese von periplanon A. *Tetrahedron letters*, 27(51), 6189-6192.
- Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G. (2008).** Chapter 22 : d-block metal chemistry *in*: the first row elements. *Inorganic Chemistry*.
- Hughes-Schrader, S. (1948).** Cytology of coccids (Coccoidea-Homoptera). In *Advances in Genetics* (Vol. 2, pp. 127-203). Academic Press.
- Hutchinson, R. (1999).** Insectes. (Hons). *D. P. LSH & TM. M. Sc.* 126 P.
- Jacobs, S. (2013).** German cockroaches. *Pennsylvania State Extension. Pennsylvania State University. Retrieved.*
- Jiang, H., Zhang, J. M., Wang, J. P., Yang, B., Liu, C. F., Lu, J., & Hu, Y. Y. (2007).** Genetic engineering of *Periplaneta fuliginosa* densovirus as an improved biopesticide. *Archives of virology*, 152(2), 383-394.
- Kassiri, H., Zarrin, M., & Veys-Behbahani, R. (2018).** Pathogenic Fungal Species Associated with Digestive System of *Periplaneta americana* (Blattaria : Blattidae) Trapped from Residential Dwellings in Ahvaz City, Southwestern Iran. *Journal of arthropod-borne diseases*, 12(1), 16.
- Kaya, H. K., & Gaugler, R. (1993).** Entomopathogenic nematodes. *Annual review of entomology*, 38(1), 181-206.
- Kilani-Morakchi, S., Aribi, N., Farine, J. P., Smagghe, G., & Soltani, N. (2006).** Cuticular hydrocarbon profiles in *Blattella germanica* : effects of halofenozide, boric acid and benfuracarb. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 71(2 Pt B), 555-562.
- Kim, C., Hung, Y. C., & Brackett, R. E. (2000).** Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *International Journal of Food Microbiology*, 61(2-3), 199-207.
- Kleber, C. J., Moore, M. H., & Nelson, B. J. (1998).** Laboratory assessment of tooth whitening by sodium bicarbonate dentifrices. *The Journal of clinical dentistry*, 9(3), 72-75.
- Korichi-Almi, A., Bissati-Bouafia, S., Bensalah, K., & Korichi, R. (2016).** EFFECTS OF AQUEOUS EXTRACT of *Cleome arabica* ON FIRST STAGE LARVAE OF *Ectomyeloisceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae. *Revue des bio ressources*, 6(2), 8-8.

- Kramer, R., Brenner, R. (2009).** Cockroaches (Blattaria). In: Mullen GR, Durden LA (eds) Medical and veterinary entomology. *Academic Press, Cambridge*, p. 43–56.
- Kristensen, M., Hansen, K. K., & Jensen, K. M. V. (2005).** Cross-resistance between dieldrin and fipronil in German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae). *Journal of economic entomology*, 98(4), 1305-1310.
- Lai, K. M. (2017).** Are Cockroaches an Important Source of Indoor Endotoxins ? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1), 91.
- Lamb, J. H. (1946).** Sodium bicarbonate : an excellent deodorant. *Journal of Investigative Dermatology*, 7(3), 131-133.
- Leshan Wannigama, D., Dwivedi, R., & Zahraei-Ramazani, A. (2013).** Prevalence and antibiotic resistance of gram-negative pathogenic bacteria species isolated from *Periplaneta americana* and *Blattella germanica* in Varanasi, India. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 8(1), 10–20.
- Leshan Wannigama, D., Dwivedi, R., & Zahraei-Ramazani, A. (2013).** Prevalence and antibiotic resistance of gram-negative pathogenic bacteria species isolated from *Periplaneta americana* and *Blattella germanica* in Varanasi, India. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 8(1), 10–20.
- Lewthwaite, S. E., Dentener, P. R., & Connolly, P. G. (1999).** Mortality of *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera : Tortricidae) after exposure to sodium bicarbonate at elevated temperatures or combined with emulsifiers. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 27(2), 83-90.
- Liang, D., McGill, J., & Pietri, J. E. (2017).** Unidirectional cross-resistance in German cockroach (Blattodea : Blattellidae) populations under exposure to insecticidal baits. *Journal of Economic Entomology*, 110(4), 1713-1718.
- Lietti, M. M., Botto, E., & Alzogaray, R. A. (2005).** Insecticide resistance in argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34(1), 113-119.
- Ling, S. Q., Xu, Y. N., Gu, Y. P., Liu, S. Y., & Tang, W. W. (2018).** Toxicity and biochemical effects of itol A on the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera : Delphacidae). *Pesticide biochemistry and physiology*, 152, 90-97.
- Linnaeus, C. (1767).** *Systema naturae*, ed XII 687- 689.
- Liu, X. C., Liu, Q., Chen, H., Liu, Q. Z., Jiang, S. Y., & Liu, Z. L. (2015).** Evaluation of contact toxicity and repellency of the essential oil of *Pogostemon cablin* leaves and its constituents against *Blattella germanica* (Blattodea : Blattellidae). *Journal of medical entomology*, 52(1), 86-92.

- Lopez-Collado, J., Esparza-Díaz, G., Villanueva-Jiménez, J. A., Osorio-Acosta, F., Otero-Colina, G., & Camacho-Díaz, E. (2010).** Azadirachtin concentration, insecticide efficacy and phytotoxicity of four neem *Azadirachta indica* A. Juss. Extracts. *Agrociencia (Montecillo)* 44 (7), 821-833.
- Lyon, W. F. (1997).** German cockroach. *Ohio State University Extension Fact Sheet Entomol.*
- Magnien, C., Remuson, F. L. E., Guellec, M., Micoud, A., & Grosman, J. (2012).** La résistance de *Plasmopara viticola* aux fongicides, résultats des plans de surveillance de la sous-direction de la qualité et de la protection des végétaux de 2009 à 2011. *Proc. AFPP-10e Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes Tours-3, 4*, 290–298.
- Maiza, A., Kilani-Morakchi, S., Rehamnia, F., Bensbaa, F., & Aribi, N. (2011).** Activity of a biopesticide, spinosad, on *Blattella germanica* : effects on various biomarkers (LDH, GSH, MDA). *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 136(1/4), 189-204.
- Malik, Y. S., & Goyal, S. M. (2006).** Virucidal efficacy of sodium bicarbonate on a food contact surface against feline calicivirus, a norovirus surrogate. *International journal of food microbiology*, 109(1-2), 160-163.
- Martin, L. J., Adams, R. I., Bateman, A., Bik, H. M., Hawks, J., Hird, S. M., Hughes, D., Kembel, S. W., & Kinney, K. (2015).** Evolution of the indoor biome. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(4), 223–232.
- Mary O., Amdur. (2000).** The basic Science of poisons. Casarett and Doull's toxicology. History of Agriculture. Pergamon Press Inc, p.325.
- Mehlenbacher, G., Garbach, D., Eggleston, W., Gorodetsky, R., & Nacca, N. (2020).** Death from salt and baking soda ingestion. *Toxicology Communications*, 4(1), 15-17.
- Messiad, R., Habes, D., & Soltani, N. (2016).** Reproductive effects of a neonicotinoid insecticide (Imidacloprid) in the German Cockroaches *Blattella germanica* L. (Dictyoptera, Blattellidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(2), 01-06.
- Mirrakhimov, A. E., Ayach, T., Barbaryan, A., Talari, G., Chadha, R., & Gray, A. (2017).** The role of sodium bicarbonate in the management of some toxic ingestions. *International journal of nephrology*, p. 2017.
- Montalva, C., Collier, K., Rocha, L. F. N., Inglis, P. W., Lopes, R. B., Luz, C., & Humber, R. A. (2016).** A natural fungal infection of a sylvatic cockroach with *Metarhizium blattodeae* sp. Nov., a member of the *M. flavoviride* species complex. *Fungal biology*, 120(5), 655–665.
- Mourier, A. (2014).** Lutte intégrée contre deux insectes synanthropes *Blattella germanica* et *Cimex lectularius* Apports de l'écologie scientifique pour le conseil à l'officine. . Thèse de doctorat en Pharmacie université de Bordeaux.52 ; p. 49.

- Mukha, D. V., Chumachenko, A. G., Dykstra, M. J., Kurtti, T. J., & Schal, C. (2006).** Characterization of a new densovirus infecting the German cockroach, *Blattella germanica*. *Journal of general virology*, 87(6), 1567-1575.
- Mullins, L. J. (1955).** Structure-toxicity in hexachlorocyclohexane isomers. *Science*, 122(3159), 118-119.
- Naqqash, M. N., Gökçe, A., Bakhsh, A., & Salim, M. (2016).** Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests. *Parasitology research*, 115(4), 1363-1373.
- Nasirian, H. (2017).** Infestation of cockroaches (Insecta : Blattaria) in the human dwelling environments : a systematic review and meta-analysis. *Acta tropica*, 167, 86-98.
- Nasirian, H., & Salehzadeh, A. (2019).** Effect of seasonality on the population density of wetland aquatic insects : A case study of the Hawr Al Azim and Shadegan wetlands, Iran. *Veterinary world*, 12(4), 584.
- Nayduch, D., Zurek, K., Thomson, J. L., & Yeater, K. M. (2018).** Effects of bacterial dose and fly sex on persistence and excretion of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium from adult house flies (*Musca domestica* L ; Diptera : Muscidae). *Journal of Medical Entomology*, 55(5), 1264-1270.
- Neupane, A. C., Sapakuka, S., Tao, P., & Kafle, L. (2020).** Repellancy and contact toxicity of clove bud oil and its constituents against German cockroaches, *Blattella germanica* (Dipteroptera : Blattellidae), under laboratory conditions. *International Journal of Pest Management*, 66(4), 289-297.
- Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2012).** Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *Journal of natural products*, 75(3), 311-335.
- Nicolas. (2010).** Bicarbonate : un concentré d'astuces, *Edition eyrolles*,
- Nicolas. (2014).** Bicarbonate : un concentré d'astuces, *Edition eyrolles*,
- Nishiwaki, H., Ito, K., Otsuki, K., Yamamoto, H., Komai, K., & Matsuda, K. (2004).** Purification and functional characterization of insecticidal sphingomyelinase C produced by *Bacillus cereus*. *European journal of biochemistry*, 271(3), 601-606.
- Nishiwaki, H., Nakashima, K., Ishida, C., Kawamura, T., & Matsuda, K. (2007).** Cloning, functional characterization, and mode of action of a novel insecticidal pore-forming toxin, sphaericolysin, produced by *Bacillus sphaericus*. *Applied and environmental microbiology*, 73(10), 3404-3411.
- Oladipupo, S. O., Hu, X. P., & Appel, A. G. (2020).** Topical Toxicity Profiles of Some Aliphatic and Aromatic Essential Oil Components Against Insecticide-Susceptible and



- Resistant Strains of German Cockroach (Blattodea : Ectobiidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(2), 896-904.
- Olson, W., Vesley, D., Bode, M., Dubbel, P., & Bauer, T. (1994).** Hard surface cleaning performance of six alternative household cleaners under laboratory conditions. *Journal of Environmental Health*, 27-31.
- Pachamuthu, P., Kamble, S. T., & Yuen, G. Y. (1999).** Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina : Hyphomycetes) strain ESC-1 to the German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae) and its compatibility with insecticides. *Journal of economic entomology*, 92(2), 340–346.
- Pan, X. Y., & Zhang, F. (2020).** Advances in biological control of the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Biological Control*, 142, 104104.
- Patel, S., & Meher, B. R. (2016).** A review on emerging frontiers of house dust mite and cockroach allergy research. *Allergologia et Immunopathologia*, 44(6), 580-593.
- Pauline Petit. (2017).** Site, [www.consoglobe.com/bicarbonate-soude-astuces-ecolo-jardin/consulté](http://www.consoglobe.com/bicarbonate-soude-astuces-ecolo-jardin/consulté), 23/8/2020.
- Peterson, R. K., & Shurdut, B. A. (1999).** Human health risks from cockroaches and cockroach management : a risk analysis approach. *American entomologist*, 45(3), 142-148.
- Pomés, A., Mueller, G. A., Randall, T. A., Chapman, M. D., & Arruda, L. K. (2017).** New insights into cockroach allergens. *Current allergy and asthma reports*, 17(4), 25.
- Raga, A., e Silva, S. B., Louzeiro, L. R. F., & de Sousa, E. M. (2020).** Larvicidal and Adulticidal Activities of Neem Oil against *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Tephritidae). *European Journal of Medicinal Plants*, 44-51.
- Rahayu, R., Madona, W. R., Bestari, W., & Jannatan, R. (2016).** Resistance monitoring of some commercial insecticides to German cockroach (*Blattella germanica* (L.) in Indonesia. *J. Entomol. Zool. Studies*, 4, 709-712.
- Regnault-Roger, C., Philogène, B. J., & Vincent, C. (2005).** *Biopesticides of Plant Origin*. Lavoisier Publishing, p. 313.
- Rehn, J. A. (1945).** Man's Uninvited Fellow Traveler--The Cockroach. *The Scientific Monthly*, 265-276.
- Rivault, C., Cloarec, A., & Le Guyader, A. (1993).** Bacterial contamination of food by cockroaches. *Journal of Environmental Health*, 55(8), 21-23.

- Robert, P., & Scharff, J. P. (1997).** *Chimie industrielle*. Masson.
- Roth, L. M. (2003).** Systematics and phylogeny of cockroaches (Dictyoptera : Blattaria). *Oriental insects*, 37(1), 1-186.
- Roth, L.M., Willis, E.R. (1957).** The medical and veterinary importance of cockroaches. *Smithson Misc Collect.*, 134, 1-147.
- Rust, M.K., Owens J. M., Reiersen D.A. (1995).** Understanding and Controlling the German Cockroach. *New York Oxford. Oxford University Press.*, 265 p.
- Rutala, W. A., Barbee, S. L., Aguiar, N. C., Sobsey, M. D., & Weber, D. J. (2000).** Antimicrobial activity of home disinfectants and natural products against potential human pathogens. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 21(1), 33-38.
- Salgado, V. L., & Saar, R. (2004).** Desensitizing and non-desensitizing subtypes of alpha-bungarotoxin-sensitive nicotinic acetylcholine receptors in cockroach neurons. *Journal of insect physiology*, 50(10), 867-879.
- Sawczyn, T., Dolezych, B., Klosok, M., Augustyniak, M., Stygar, D., Buldak, R. J., ...& Zwirska-Korczala, K. (2012).** Alteration of carbohydrates metabolism and midgut glucose absorption in *Gromphadorhina portentosa* after subchronic exposure to imidacloprid and fenitrothion. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47(11), 1644-1651.
- Schal, C., Gautier, J. Y., & Bell, W. J. (1984).** Behavioural ecology of cockroaches. *Biological Reviews*, 59(2), 209-254.
- Seifert, J., & Stollberg, J. (2005).** Antagonism of a neonicotinoid insecticide imidacloprid at neuromuscular receptors. *Environmental toxicology and pharmacology*, 20(1), 18-21.
- Sharma, T., Qamar, A., & Khan, M.A. (2010).** Evaluation of neem (*Azadirachta indica*) extracts against the eggs and adults of *Dysderus koenigii* (Fabricius). *World Applied Science Journal*, 9(4),398-402.
- Shegokar, V., & Khadse, S. (2020).** Effect of Sodium bicarbonate on *Candida albicans*. *Int. J. of Life Sciences*, 8(2), 457-464.
- Shi, X., Jiang, L., Wang, H., Qiao, K., Wang, D., & Wang, K. (2011).** Toxicities and sublethal effects of seven neonicotinoid insecticides on survival, growth and reproduction of imidacloprid-resistant cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Pest Management Science*, 67(12), 1528-1533.

- Silhacek, K. J., & Taake, K. R. (2005).** Sodium bicarbonate and hydrogen peroxide : the effect on the growth of *Streptococcus mutans*. *American Dental Hygienists' Association*, 79(4), 7-7.
- Sousa-Santos, A. C. A., Moreno, A. S., Santos, A. B. R., Barbosa, M. C., Aragon, D. C., Sales, V. S., & Arruda, L. K. (2020).** Parasite infections, allergy and asthma : a role for tropomyosin in promoting type 2 immune responses. *International Archives of Allergy and Immunology*, 181(3), 221-227.
- Stankus, R. P., Horner, W. E., & Lehrer, S. B. (1990).** Identification and characterization of important cockroach allergens. *Journal of allergy and clinical immunology*, 86(5), 781-787.
- Strasser, H., Vey, A., & Butt, T. M. (2000).** Are there any risks in using entomopathogenic fungi for pest control, with particular reference to the bioactive metabolites of *Metarhizium*, *Tolypocladium* and *Beauveria* species. *Biocontrol Science and Technology*, 10(6), 717-735.
- Strong, C. A., Koehler, P. G., & Patterson, R. S. (2000).** Oral toxicity and repellency of borates to German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae). *J. Econ. Entomol*, 86 (5), 1458-1463.
- Suinaga, F. A., Casali, V. W. D., Picanço, M., & Foster, J. (2004).** Genetic divergence among tomato leafminer populations based on AFLP analysis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(7), 645-651.
- Swanton, C. J., Mashhadi, H. R., Solomon, K. R., Afifi, M. M., & Duke, S. O. (2011).** Similarities between the discovery and regulation of pharmaceuticals and pesticides : in support of a better understanding of the risks and benefits of each. *Pest management science*, 67(7), 790-797.
- Swaroop, S., Gilroy, A. B., Uemura, K., & World Health Organization. (1966).** *Statistical methods in malaria eradication*. World Health Organization.
- Tanaka, A. (1976).** Stags in the embriognic development of the German cockroach. *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera : Blattellidae). *Kontyn* (Tokyo). 44 : 512-225.
- Tang, Q., Bourguignon, T., Willenmse, L., De Coninck, E., & Evans, T. (2019).** Global spread of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Biological Invasions*, 21(3), 693-707.
- Tine, S. (2013).** Etude de la biodiversité des Blattes dans les régions semi-arides et arides et évaluation de l'impact d'insecticides chez *Blattella germanica* et *Blatta orientalis* (Dictyoptera, Blattellidae). Thèse de Doctorat. Université d'Annaba (Algérie), p.242.

- Tokro, G. (1984).** Les phéromones sexuelles chez *Blattella germanica* L. (Insecte, Dictyoptère). Secrétion d'une phéromone sexuelle volatile par le pygidium des femelles. Thèse de Doctorat en Biologie Cellulaire et Moléculaire, Option : Entomologie. Université de Bourgogne-Dijon, France, p. 54.
- Tomé, H. V. V., Martins, J. C., Corrêa, A. S., Galdino, T. V. S., Picanço, M. C., & Guedes, R. N. C. (2013).** Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Crop Protection*, 46, 63-69.
- Turturice, B. A., Ranjan, R., Nguyen, B., Hughes, L. M., Andropolis, K. E., Gold, D. R., ... & Finn, P. W. (2017).** Perinatal bacterial exposure contributes to IL-13 aeroallergen response. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 57(4), 419-427.
- Vander Pan, A., Schmolz, E., Krücken, J., & Kuhn, C. (2019).** A novel simulated-use test for determining the efficacy of insecticides against bed bugs (Hemiptera : Cimicidae). *Journal of economic entomology*, 112(5), 2345-2353.
- Viaud, H. (1993).** Distillateur–thérapeutiques naturelles. Éd. Gnoma.
- Von Linné, C. (1735).** *Systema naturae ; sive, Regna tria naturae : systematice proposita per classes, ordines, genera & species*. Haak, p.164.
- Wang, A., Mahai, G., Wan, Y., Yang, Z., He, Z., Xu, S., & Xia, W. (2020).** Assessment of imidacloprid related exposure using imidacloprid-olefin and desnitro-imidacloprid : Neonicotinoid insecticides in human urine in Wuhan, China. *Environment International*, 141, 105785.
- Wang, C., & Wang, S. (2017).** Insect pathogenic fungi : Genomics, molecular interactions, and genetic improvements. *Annual review of entomology*, 62, 73–90.
- Wang, J., Ma, H., Zuo, Y., Yang, Y., & Wu, Y. (2020).** CRISPR-mediated gene knockout reveals nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) subunit  $\alpha 6$  as a target of spinosyns in *Helicoverpa armigera*. *Pest Management Science*, p. 2925-2931.
- Wang, R., Che, W., Wang, J., et Luo, C. (2020).** Suivi de la résistance aux insecticides et diagnostic des mécanismes de résistance chez *Bemisia tabaci Mediterranean* (biotype Q) en Chine. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 163, 117-122.
- Wattiez, C., & Beys, B. (1999).** Pas de pesticides à la maison solution sans danger pour le contrôle de bestioles indésirables. *Pest. Action. Network (Pan) Belgium*. Yip.
- Widmark, A.K. (2010).** *The late blight pathogen, Phytophthora infestans* (Vol. 2010).

- Wigglesworth, V.B. (1972).** The principales of insect physiology. *Seventh Edition*. Chapman and Hall, London. 827 pp.
- Winteringham, F. P. W. (1952).** Conference on insecticide resistance and insect physiology. *Publ. nat. Acad. Sci., Wash.*, (219), 20.
- Wu, X., & Appel, A. G. (2017).** Insecticide resistance of several field-collected German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae) strains. *Journal of Economic Entomology*, 110(3), 1203-1209.
- Yang, C. L., Zhu, H. Y., & Zhang, F. (2019).** Comparative proteomics analysis between the short-term stress and long-term adaptation of the *Blattella germanica* (Blattodea : Blattellidae) in response to beta-cypermethrin. *Journal of Economic Entomology*, 112(3), 1396-1402.
- Yang, T., Doherty, J., Zhao, B., Kinchla, A. J., Clark, J. M., & He, L. (2017).** Effectiveness of commercial and homemade washing agents in removing pesticide residues on and in apples. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(44), 9744-9752.
- Yankell, S. L., Emling, R. C., Petrone, M. E., Rustogi, K., Volpe, A. R., DeVizio, W., & Proskin, H. M. (1999).** A six-week clinical efficacy study of four commercially available dentifrices for the removal of extrinsic tooth stain. *The Journal of clinical dentistry*, 10(3 Spec No), 115-118.
- Yu, J., Wu, J., Zhang, Y., Guo, L., Cong, X., Du, Y., ... & Yin, F. (2012).** Concurrent highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection accelerates *Haemophilus parasuis* infection in conventional pigs. *Veterinary microbiology*, 158(3-4), 316-321.
- Zhang, F., Yang, C., Zhang, X., Zhu, H., Zhao, D., & Huang, Y. (2020).** Isolation of an anti-entomopathogenic fungal protein secreted from *Pseudomonas aeruginosa* BGF-2: an intestinal bacterium of *Blattella germanica* (L.). *Journal of Invertebrate Pathology*, 107371.
- Zuo, Y. Y., Xue, Y. X., Lu, W. J., Ma, H. H., Chen, M. H., & Wu, Y. D. (2020).** Functional validation of nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) as a target of spinosyns in *Spodoptera exigua* utilizing the CRISPR/Cas9 system. *Pes Manag Sci.* 10(1002), p.5782

### Sites web

[www.greelane.com/baking-soda-chemical-formula-608474](http://www.greelane.com/baking-soda-chemical-formula-608474); consulté, 15/08/2020.

[www.doctissimo.fr/beaute/beaute-naturelle/autres-ingredients-naturels/bicarbonate-de-soude/](http://www.doctissimo.fr/beaute/beaute-naturelle/autres-ingredients-naturels/bicarbonate-de-soude/); consulté, 15/08/2020.

<http://mon.univ-montp2.fr/index.php>; Consulté, 15/08/2020.

**Beccaloni, G. W. (2014).** Cockroach Species File Online. Version 5.0/5.0. World Wide Web electronic publication. *Available in Site web* ; <http://Cockroach.SpeciesFile.org> consulté le 15/09/2020.

**Claire, L. (2019).** Santé. Journal des femmes. fr/. *Available in Site web* ; [www.un-jardin-bio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/](http://www.un-jardin-bio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/) consulté le 17/08/2020.

**Denis, G. (2016).** Insecticide-naturelle-maison-diy-respect-environnement. Positivr.fr/. *Available in Site web* ; [www.un-jardin-bio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/](http://www.un-jardin-bio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/) consulté le 20/08/2020.

**Gilles. (2017).** Le bicarbonate de soude au jardin. *Available in Site web* ; [www.un-jardin-bio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/](http://www.un-jardin-bio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/) consulté le 17/08/2020.

**Jennifer, H. (2019).** *Available in Site web* ; [www.linternaute.fr/bricolage/guide-de-maison-et-jardin/](http://www.linternaute.fr/bricolage/guide-de-maison-et-jardin/) consulté le 20/08/2020.

**Nicolas. (2018).** *Available in Site web* ; [www.monobicarbonate.fr/author/](http://www.monobicarbonate.fr/author/) consulté,23/08/2020.

**Nicolas. (2019).** Le bicarbonate de soude contre les acariens et les allergies. *Mon Bicarbonate.* *Available in Site web* ; <https://www.monbicarbonate.fr/traitement-anti-acariens-bicarbonate-de-soude-allergies-lit-matelas/> consulté le 22/08/2020.

**Pauline Petit. (2017).** *Available in Site web* ; [www.consoglobe.com/bicarbonate-soude-astuces-ecolo-jardin/](http://www.consoglobe.com/bicarbonate-soude-astuces-ecolo-jardin/) consulté, 23/8/2020.

**Sarah, D. (2019).** *Available in Site web* ; [www.maisonbrico.com/](http://www.maisonbrico.com/) consulté, 22/08/2020.

## Annexe : Données statistiques

**Tableau 1.** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 24 h de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ( $m \pm s$  ; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DDL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F obs	Valeur de p
Doses	3	155,90	51,968	5,77	0,021
Erreur	8	72,07	9,009		
Total	11	227,98			

**Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey**

Doses	N	Moyenne	Groupement
600	3	22,9333	A
800	3	22,9333	A
450	3	16,5000	A B
400	3	14,2000	B

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.*

**Tableau 2.** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 48 h de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ( $m \pm s$  ; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DDL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F obs	Valeur de p
Doses	3	225,72	75,240	8,87	0,006
Erreur	8	67,88	8,485		
Total	11	293,60			

**Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey**

Doses	N	Moyenne	Groupement
800	3	30,8	A
600	3	26,6	A
450	3	26,6	A
400	3	21,1	B

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes*

**Tableau 3.** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 72 h de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ( $m \pm s$  ; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DDL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F obs	Valeur de p
Doses	3	348,06	116,02	10,70	0,004
Erreur	8	86,72	10,84		
Total	11	434,78			

**Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey**

Doses	N	Moyenne	Groupement
800	3	42,8667	A
600	3	37,8333	A
450	3	35,0000	A B
400	3	27,9667	B

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.*

**Tableau 4.** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 96 h de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ( $m \pm s$  ; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Doses	3	564,93	188,310	24,83	0,000
Erreur	8	60,68	7,585		
Total	11	625,61			

**Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey**

Doses	N	Moyenne	Groupement
800	3	57,2333	A
600	3	51,9667	A B
450	3	45,3667	B C
400	3	39,0000	C

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.*



**Tableau 5.** Toxicité de bicarbonate de sodium (mg/insecte) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 120 h de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ( $m \pm s$  ; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Doses	3	2909,9	969,96	76,30	0,000
Erreur	8	101,7	12,71		
Total	11	3011,6			

**Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey**

Doses	N	Moyenne	Groupement
800	3	90,0	A
600	3	58,8	B
450	3	54,6	B
400	3	50,6	B

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.*