

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

### Thème

**Impact d'un composé inorganique le bicarbonate de sodium sur la reproduction chez un insecte à intérêt médical *Blattella germanica* (L.).**

Présenté par :

M<sup>lle</sup> Boulakhioute Nour EL Houda

M<sup>lle</sup> Mechighel Fatima Zahra

M<sup>lle</sup> Mellouli Bochra

Devant les membres de jury :

Mme. Boumaza Awatif (MCB)	Présidente	Université de 8 mai 1945 Guelma.
Mme. Hami Manel (MCB)	Examinatrice	Université de 8 mai 1945 Guelma.
Mme. Messiad Rouhia (MCB)	Promotrice	Université de 8 mai 1945 Guelma.

Juillet 2021



## *Remerciements*

*En premier lieu, nous tenons à remercier dieu, qui nous a donné la force pour accomplir ce travail.*

*Le présent travail est le fruit des efforts consentis par différentes personnes tant physiques que morales. Ainsi, au terme de celui-ci, c'est pour nous une heureuse occasion d'exprimer nos sentiments de gratitude envers toutes les personnes, qui ont manifesté un attachement particulier et ont témoigné leur élaboration en nous prêtant main forte.*

*Notre profonde reconnaissance envers les membres de jury, Mme la présidente Dr Boumaza Awatif et Mme l'examinatrice Dr Hami Manel, D'avoir accepté de juger ce travail.*

*Nos sincères remerciements, reconnaissances et profondes gratitude s'adressent plus particulièrement à notre promotrice Mme Messiad qui, malgré ses nombreuses obligations a accepté de diriger ce mémoire. En effet, ses conseils, ses directives et sa disponibilité nous ont permis de mener à bien notre travail.*

*Nos remerciements vont également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, depuis le début de notre premier cycle d'études jusqu'à la fin de la cinquième année universitaire 2020/2021. Un grand merci également à la responsable de laboratoire de Biologie Animale, de la faculté SNVSTU M<sup>elle</sup> Louiza pour son aide et sa gentillesse.*

*Nous remercions enfin vont plus particulièrement à nos proches familles et amis ; qu'ils soient rassurés de nos remerciements sincères.*

## *Dédicace*

*Mon parcours universitaire a pris fin après l'épuisement et les épreuves.*

*Et me voici en train de conclure ma recherche de fin d'études avec toute la vigueur et l'activité.*

*Je remercie tous ceux qui ont contribué à ma carrière.*

*Au propriétaire d'une biographie parfumée et d'une pensée éclairée, Il a eu le premier mérite pour mes études supérieures.  
Mon cher père, que Dieu prolonge sa vie.*

*A qui je la préfère à moi-même, a qu'elle s'est sacrifiée pour moi, m'a fait attacher, et n'a ménagé aucun effort pour me rendre toujours heureuse, ma chère mère que Dieu prolonge sa vie.*

*À mes chers frères, qui je compté sur eux dans chaque petite et grande chose, Ils ont été le soutien dans ma carrière universitaire.*

*A Mme Messied qui n'avait jamais hésité à tendre la main et à toute la famille universitaire.*

*A mes amis et mes connaissances qui, je les aime et les respecte.*

*Je vous présente cette petite recherche, et j'espère qu'elle vous satisfera.*



*Bouchra*

## *Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents qui veillent à mon épanouissement et mon soutien dans les moments difficiles de la vie et qui grâce à eux j'ai poursuivi mes études supérieures.*

*Mes chers frères houssine, Adam et Hicham, aussi à ma belle sœurs Fatima Zahra sans oublier bien sur ses petites anges Arwa et kosai. À tous mes amis qui ont partagé avec moi l'angoisse ainsi, que la joie et qui ont m'aidée pour finaliser ce travail.*

*A mes binômes Zahra et Bouchra, qui m'ont apporté la joie d'être élément donnant dans ce travaille et qui ont partagé avec moi les moments difficiles de la pratique avant qu'il voit la lumière de l'univers.*

*Je dédie ce travail à madame Messiad pour sa présence et son encouragement afin que ce travail soit bien mené.*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.*



*Nor el houda*

## *Dédicace*

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail, à mon très cher père. Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*À ma très chère mère Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*Que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.*

*À mon cher grand-père, Qui je souhaite une bonne santé et à l'âme de ma chère grand-mère que Allah yerhamha.*

*À mes chers frères, Bilél et Abdou. À mes chères sœurs Soumia et Rahma, pour leurs soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

*À mes chères amies : Yasmine, Racha, Khalida et Dhikra*

*Enfin, je dédie ce travail à madame Messied pour sa présence et ses encouragements afin que ce travail soit bien mené.*



*Zahra*

## Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Carte résumant les premiers signalements de <i>B. germanica</i> autour du monde.	2
2	Vue dorsale et ventrale d'un adulte mâle de <i>Blattella germanica</i> .	5
3	Adultes de <i>Blattella germanica</i> , A : Femelle vue dorsale, B : Femelle vue ventrale, C : Adulte nouvellement exuvie.	5
4	Cycle de vie de <i>Blattella germanica</i> .	7
5	Morphologie des différents stades de <i>Blattella germanica</i> .	8
6	Systèmes nerveux et endocrine contrôlant la sécrétion des hormones et les neurohormones.	10
7	Contrôle cérébrale de la sécrétion de l'hormone juvénile par les corps allates et de l'ecdysone par les glandes de mue et l'ovaire.	11
8	Représentation synthétique des principales étapes de la reproduction et de leur régulation.	12
9	Quelques modèles de piège.	17
10	Formule chimique du bicarbonate de sodium.	19
11	Bicarbonate de soude.	19
12	Schéma simplifié le procédé de Nicolas Leblanc.	21
13	Schéma simplifié le procédé de Solvay.	22
14	Appareil reproductrice de <i>Blattella germanica</i> .	29
15	Bicarbonate de soude.	30
16	Méthodes de collection des blattes.	31
17	Elevage de <i>Blattella germanica</i> en laboratoire.	31

## Liste des figures

<b>18</b>	Prélèvement des ovaires de <i>Blattella germanica</i> sous la loupe binoculaire.	<b>33</b>
<b>19</b>	Gonades d'une femelle adulte de <i>Blattella germanica</i> nouvellement exuvie.	<b>33</b>
<b>20</b>	Effet de Bicarbonate de soude (DL50 $\mu\text{g}$ /insecte), administré par ingestion, sur le nombre d'ovocyte par paire d'ovaire, chez les adultes femelles de <i>Blattella germanica</i> nouvellement exuvies.	<b>36</b>
<b>21</b>	Effet de Bicarbonate de soude (DL50 $\mu\text{g}$ /insecte), administré par ingestion, sur la longueur de l'ovocyte basal chez les adultes femelles de <i>Blattella germanica</i> nouvellement exuviées.	<b>37</b>
<b>22</b>	Effet de Bicarbonate de soude (DL50 $\mu\text{g}$ /insecte), administré par ingestion, sur le largeur d'ovocyte, chez les adultes femelles de <i>Blattella germanica</i> nouvellement exuvies.	<b>38</b>
<b>23</b>	Effet de Bicarbonate de soude (DL50), administré par ingestion sur le volume ( $\text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal, chez les adultes femelles de <i>Blattella germanica</i> nouvellement exuvies.	<b>40</b>

## Liste des tableaux

<b>TABLEAU</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau N° 1</b>	Caractéristiques des propriétés physico-chimiques du bicarbonate de sodium.	<b>20</b>
<b>Tableau N° 2</b>	Effet de Bicarbonate de soude (800 mg/insecte) administré par ingestion, le jour de l'exuviation, sur la taille (longueur/largeur) de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ) chez les femelles de <i>Blattella germanica</i> .	<b>39</b>

***Liste des abréviations***

**ACh** : Acétylcholine.

**nAChR** : Récepteur nicotinique de l'acétylcholine.

**FCV** : Calicivirus félin.

**DNV** : Densovirus.

**BgDNV** : Le densovirus de *Blattella germanica*.

**PfDNV** : Le densovirus de *Periplanetta americana*.

**JH** : Hormone juvénile.

**PPTH** : Neurohormone prothoracicotrope ou ecdysiotropine.

**IGDs** : Les perturbateurs de croissance des insectes (Insect growth disruptors).

**L1** : Premier stade larvaire.

**L2** : Deuxième stade larvaire.

**L3** : Troisième stade larvaire.

**L4** : Quatrième stade larvaire.

**CL50** : Concentration létale qui tue 50% de la population.

**DL50** : Dose létale qui tue 50% de la population.

**TL50** : Temps léthal au bout duquel on pourrait avoir une mortalité de 50 % de population.

**EC50** : Concentration Effective à 50%.

**OILB** : Organisation internationale de lutte biologique.

**ANOVA** : L'analyse de la variance à deux critères de classification.

**NaHCO<sub>3</sub>** : Bicarbonate de sodium.

**CaS** : Sulfure de calcium.

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

## *Partie 1 : Revues bibliographiques*

<b>Chapitre I : Présentation de <i>Blattella germanica</i></b> .....	
<b>I.1. Introduction</b> .....	1
<b>I.2. Origine et répartition géographique de <i>Blattella germanica</i></b> .....	1
I.2.1. Répartition géographique de <i>Blattella germanica</i> en Algérie .....	2
<b>I.3. Taxonomie de <i>Blattella germanica</i></b> .....	3
<b>I.4. Description de <i>Blattella germanica</i></b> .....	4
<b>I.5. Cycle biologique</b> .....	6
I.5.1. Stade œuf.....	6
I.5.2. Stade larvaire (Nymphes).....	7
I.5.3. Stade adulte.....	8
I.5.4. Processus de reproduction chez les femelles adultes de <i>Blattella germanica</i> .....	8
<b>I.6. Méthodes de lutte</b> .....	13
I.6.1. Lutte chimique.....	13
I.6.2. Lutte biologiques.....	14
I.6.2.1. Les bactéries.....	14
I.6.2.2. Les virus.....	15
I.6.2.3. Les champignons.....	15
I.6.2.4. Les protozoaires.....	15
I.6.2.5. Ennemis naturels.....	15

I.6.2.6. Les nématodes entomopathogènes.....	16
I.6.2.7. Bio-insecticides d'origine végétale.....	16
I.6.3. La lutte physique.....	17
<b>Chapitre II : Présentation du bicarbonate de sodium.....</b>	<b>18</b>
II.1. Historique.....	18
II.2. Appellations.....	18
II.3. Propriétés physico-chimiques.....	18
II.4. Production et synthèse.....	21
II.4.1. Principe du procédé de Nicolas Leblanc (Chimiste Français, 1742-1806).....	21
II.4.2. Principe du procédé de Ernest Solvay (chimiste bruxellois, 1838 – 1922).....	22
II.5. Types de bicarbonate de sodium.....	23
II.5.1. Le bicarbonate de soude technique.....	23
II.5.2. Le bicarbonate de soude pharmaceutique.....	23
II.5.3. Le bicarbonate de soude alimentaire.....	23
II.6. Utilisations.....	24
II.6.1. Usage domestique.....	24
II.6.1.1. Hygiène et soins du corps.....	24
II.6.1.2. Produit d'entretien à la maison.....	24
II.6.1.3. Au jardin.....	24
II.6.2. Usage alimentaire.....	25
II.6.3. Usage médical.....	25
II.6.4. Lutte contre les incendies.....	26
II.6.5. Usage contre les nuisibles.....	26
 <b>Partie 2 : partie expérimentale</b>	
<b>Chapitre III : Matériel et méthodes.....</b>	<b>28</b>
III.1. Objectif de travail.....	28
III.2. Matériel.....	28

III.2. 1. Matériel biologique.....	28
III.2. 2. Matériel chimique.....	29
III.2.2.1. Présentation de bicarbonate de soude.....	29
III.3. Méthodes.....	30
III.3.1. Méthode de prélèvement des insectes.....	30
III.3.2. Elevage en Laboratoire.....	31
III.3.3. Préparation de la substance chimique de bicarbonate de sodium.....	32
III.3.4. Traitement des insectes et prélèvement des ovaires.....	32
III.4. Analyse statistique.....	34
<b>IV. Résultats.....</b>	<b>35</b>
IV.1. Morphométrie de l’ovaire.....	35
IV.1.1. Effet de Bicarbonate de soude sur le nombre d’ovocytes par paire d’ovaires.....	35
IV.1.2. Taille de l’ovocyte basal.....	36
IV.1.2.1. Effet de Bicarbonate de soude sur la longueur et la largeur de l’ovocyte basal....	36
IV.1.2.2. Effet de Bicarbonate de soude (DL50) sur le volume (mm <sup>3</sup> ) de l’ovocyte basal...	40
<b>Discussion .....</b>	<b>41</b>
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>43</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>44</b>
<b>Français.....</b>	<b>44</b>
<b>Anglais.....</b>	<b>44</b>
<b>ملخص .....</b>	<b>45</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>46</b>
<b>Annexes</b>	

# *Introduction générale*

## Introduction

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 sont caractérisées par un potentiel reproducteur important, une photophobie et une résistance aux conditions difficiles (faim, soif, submersion) (Grandcolas., 1998). Elles possèdent aussi un pouvoir potentielle de transmettre de nombreuses maladies infectieuses comme l'hépatite, le choléra, la tuberculose (Tichafogwe *et al.*, 2020 ; Monteiro *et al.*, 2021) et véhiculent différents agents pathogènes (virus, bactéries et champignons) (Pomés *et al.*, 2021). Elles participent également à un ensemble des facteurs allergisants qui déclenchent des crises d'asthme (Verschoor-Kirss *et al.*, 2021 ; Hou *et al.*, 2021).

Le phénomène de résistance chez les Blattes et notamment *B germanica* représente un énorme problème dans le contrôle de ce fléau (Suarez-Fontes *et al.*, 2021). 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 sélectifs.

Le bicarbonate de sodium est un composé inorganique, utilisé comme additif alimentaire par excellence, heureusement loin d'écarter absolument ses propriétés insecticides chez certains nuisible (Forester *et al.*, 2018). 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.

Les travaux de Indriani *et al.*, (2021) ont montrés que les doses excessives de bicarbonate de sodium bloquent les canaux de sodium, provoquant une 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 (Millakhimov *et al.*, 2019 ; Mehlenbacher *et al.*, 2020). Un effets acaricide est encore noté par Evangelista *et al.*,(2021). Encore, l'effet antiseptique de bicarbonate a été signalé par les travaux de (Hasimuna *et al.*, 2020). Ainsi, 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 (Liao *et al.*, 2021). Un effet antiviral (virucide) sur les surfaces de contact alimentaire et aussi signifie (Zhou *et al.*, 2021). 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 tel que *Blattella germanica*.

Dans le cadre de cette présente étude, le but essentiel consiste d'évaluer la toxicité, de bicarbonate de sodium sur la reproduction chez les adultes de *B. germanica* nouvellement exuvies. En effet plusieurs paramètres morphométriques de l'ovaire (nombre d'ovocytes, longueur, largeur et volume d'ovocytes basal) ont été considérés.

*1ère Partie : Revue  
bibliographique*

*Chapitre I : Présentation de  
Blattella germanica.*

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

### **I.1. Introduction.**

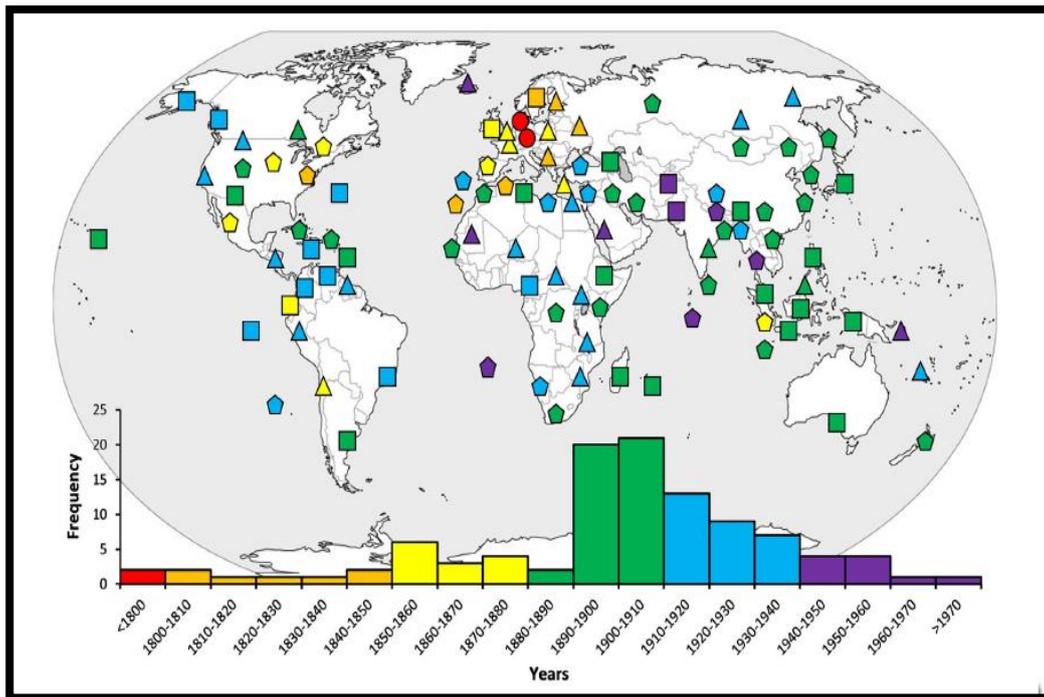
Les blattes, appelées aussi par la langue populaire “cafards”, “cancrelats”, “grélou”, sont adaptées à tous les milieux : tropicaux, subtropicaux, tempérés et même désertiques (Ebling, 1978) et vivent sous les feuilles et les pierres, et quelques-unes dans les grottes. Les blattes appartiennent à la 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).

### **I.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. 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. Les 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).

Les premiers enregistrements du cafard allemand dérivent d'Europe, où il serait arrivé pendant la guerre de sept ans entre 1756 et 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 1). 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 ; (Boudeguig & Gouaidia, 2020 ; Ghermoul *et al.*, 2020).



**Figure 1.** Carte résumant les premiers signalements de *Blattella germanica* autour du monde (Tang *et al.*, 2018). 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.

### ***I.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)

### ***I.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 :

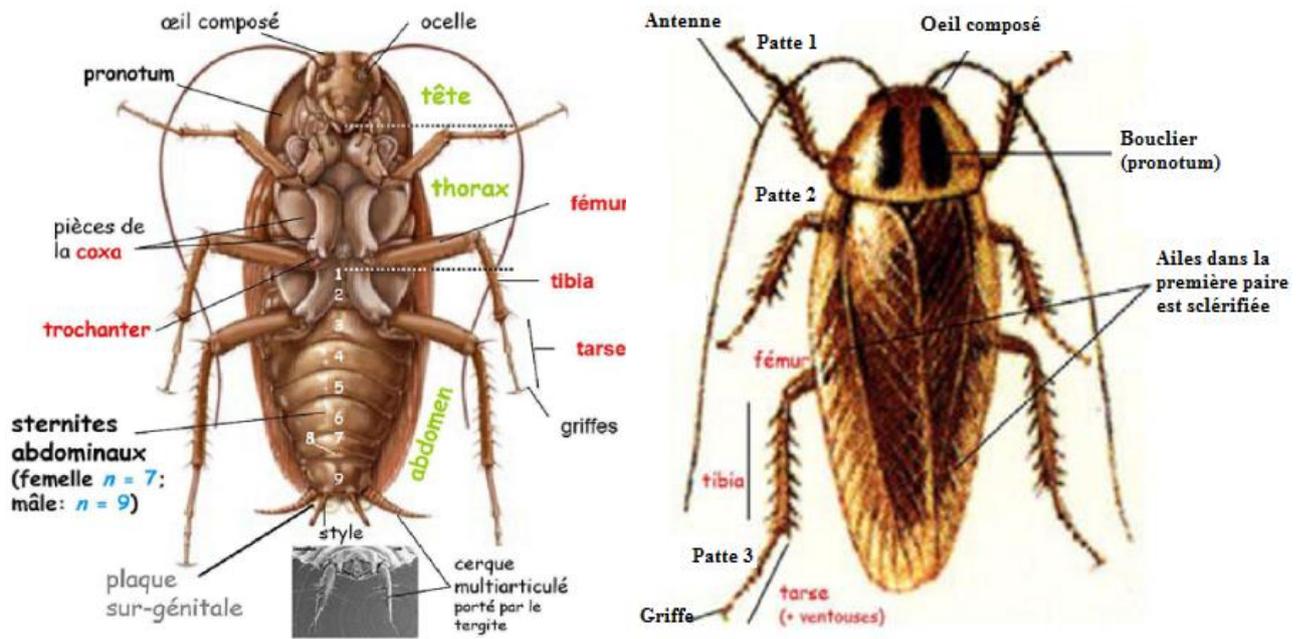
Embranchement :	<b>Arthropoda</b>
Sous -Embranchement :	<b>Mandibulata</b>
Classe :	<b>Insecta</b>
Sous -classe :	<b>Pterygota - Neoptera</b>
Section :	<b>Polynoeptera</b>
Super -ordre :	<b>Orthoteroidae</b>
Ordre :	<b>Dicty,optera</b>
Sous-ordre :	<b>Blattaria</b>
Super famille :	<b>Blaberoidae</b>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

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

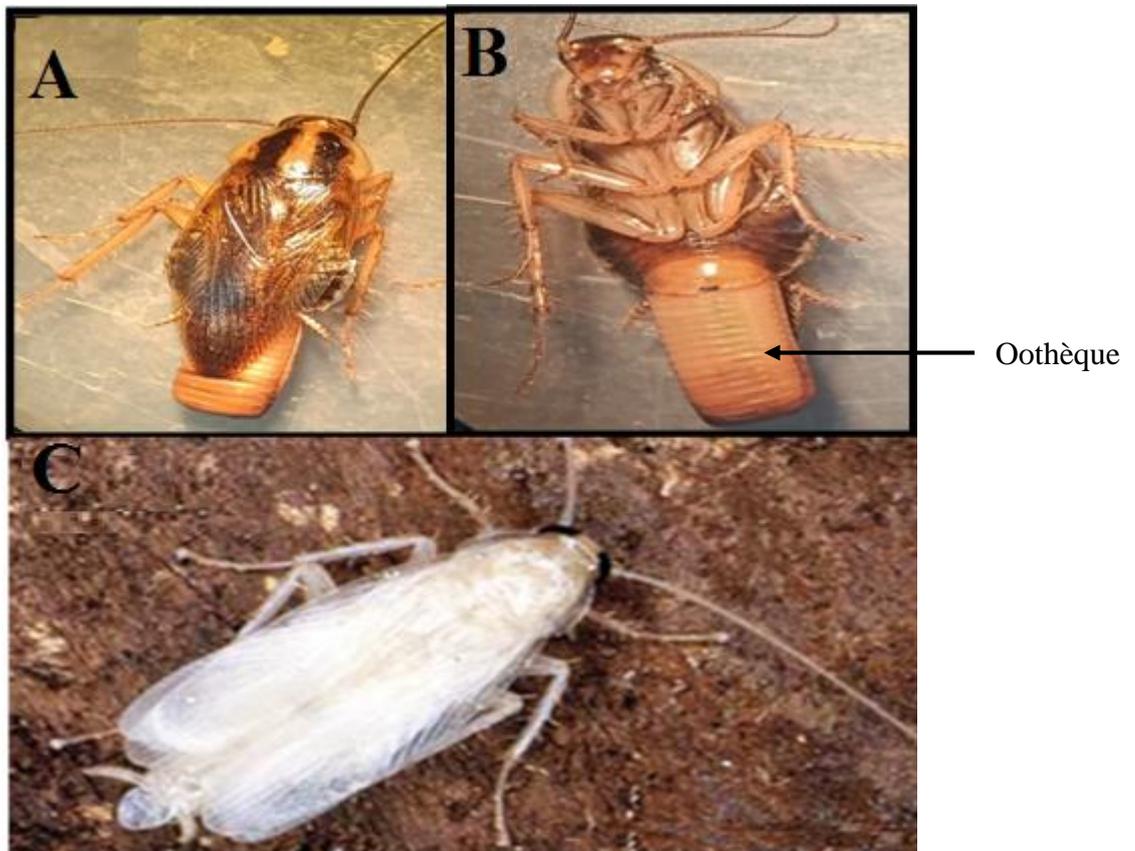
La forme générale des blattes est aplatie et ovale. La blatte germanique est une espèce de taille variable, leur taille mesurant 11 à 15 mm de longueur avec une tête, très mobile est presque entièrement cachée, sous une partie du thorax en forme de bouclier, appelée pronotum (plaque formant comme un 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 ((Boudeguig & Gouaidia, 2020 ; Ghermoul *et al.*, 2020).

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 2). Les blattes copulent en opposition. L'appareil copulateur mâle est asymétrique et très compliquée. 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. 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 (Rust *et al.*, 1995) (figure 3A).

Les larves ressemblent aux adultes à l'exception des ailes absentes, ces dernières, parut à l'exuviation imaginale (figure 3B). *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 ; Boudeguig & Gouaidia, 2020 ; Ghermoul *et al.*, 2020).



**Figure 2.** Vue dorsale et ventrale d'un adulte mâle de *Blattella. germanica*. (Source : Université de Montpellier, <http://mon.univ-montp2.fr/index.php>, consulté le 20/06/2021).



**Figure 3.** Adultes de *Blattella. germanica*, A : Femelle vue dorsale, B : Femelle vue ventrale, C : Adulte nouvellement exuvie (X4) (Boudeguig & Gouaidia , 2020 ; Ghermoul *et al.*, 2020).

### ***1.5. 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 tergaes du mâle par la femelle et enfin l'accouplement (Habbachi, 2013 ; Bell *et al.*, 2014).

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 imaginale. Huit jours après la mue imaginale, 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 imaginale (figure 4). 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).

#### ***1.5.1. 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 36 à 48 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 5 D), qui la porte pendant un certain temps (Chopard, 1951).

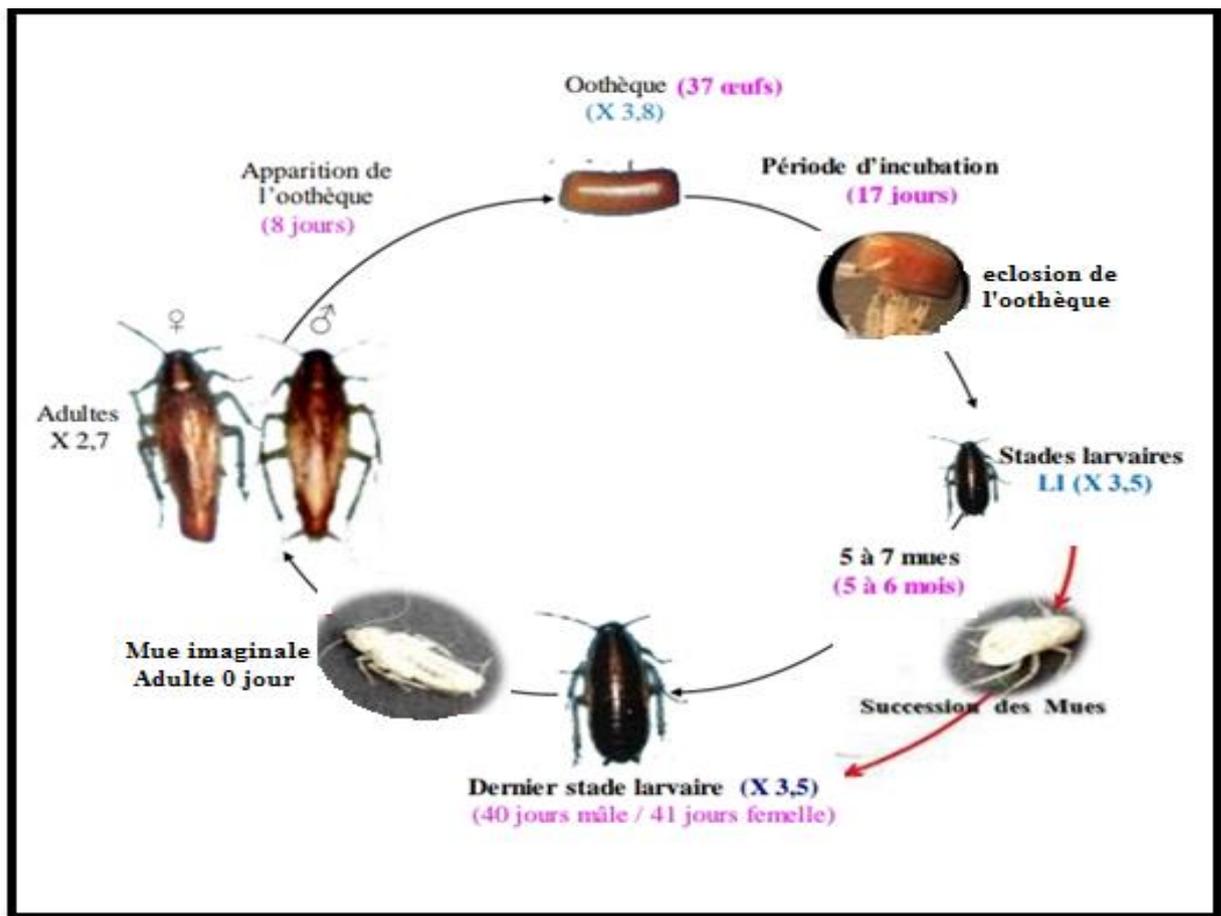


Figure 4. Cycle de vie de *Blattella germanica* (Cornwell, 1968).

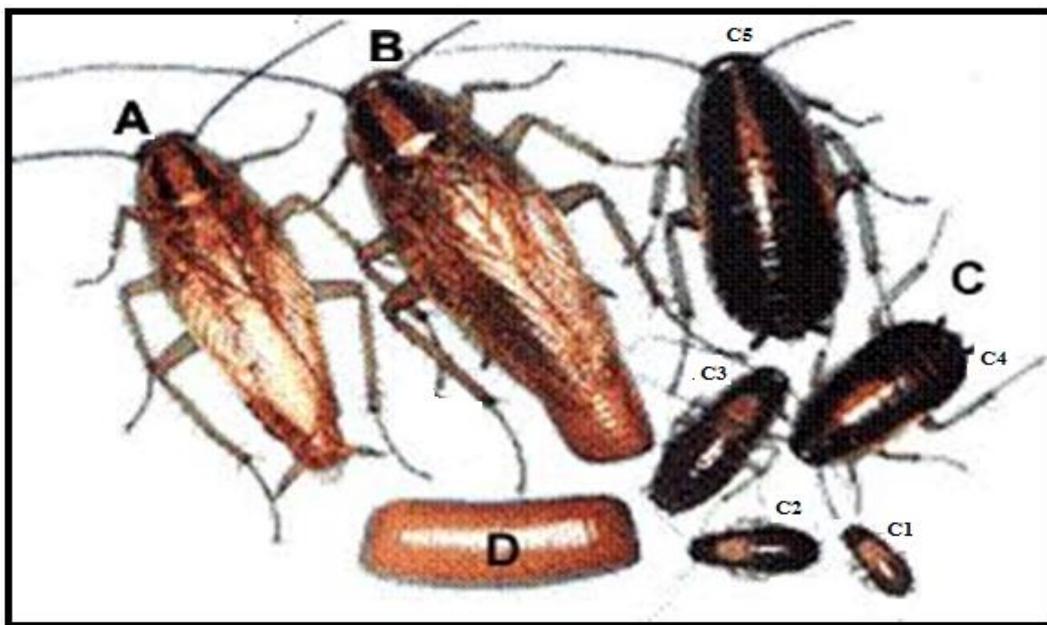
### 1.5.2. Le stade larvaire (Nymphes).

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 5 C).

### ***I.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, un 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 sombre et ont un abdomen plus large et arrondi (figure 5 A et B), elles se déplacent aussi bien horizontalement que verticalement et peuvent donc facilement contaminer les logements supérieurs ou inférieurs (Bayer *et al.*, 2012).



**Figure 5.** Morphologie des différents stades de *Blattella germanica* (X 6,8) d'après (Hutchinson, 1999) (D : Oothèque, C1 à C5 : Stades larvaires, A : Mâle adulte, B : Femelle adulte).

### ***I.5.4. Processus de reproduction chez les femelles adultes de Blattella germanica.***

La reproduction chez les insectes comporte de nombreuses séquences subordonnées les unes aux autres, mitoses goniales, méiose, premiers stades de l'ovogenèse, différenciation de

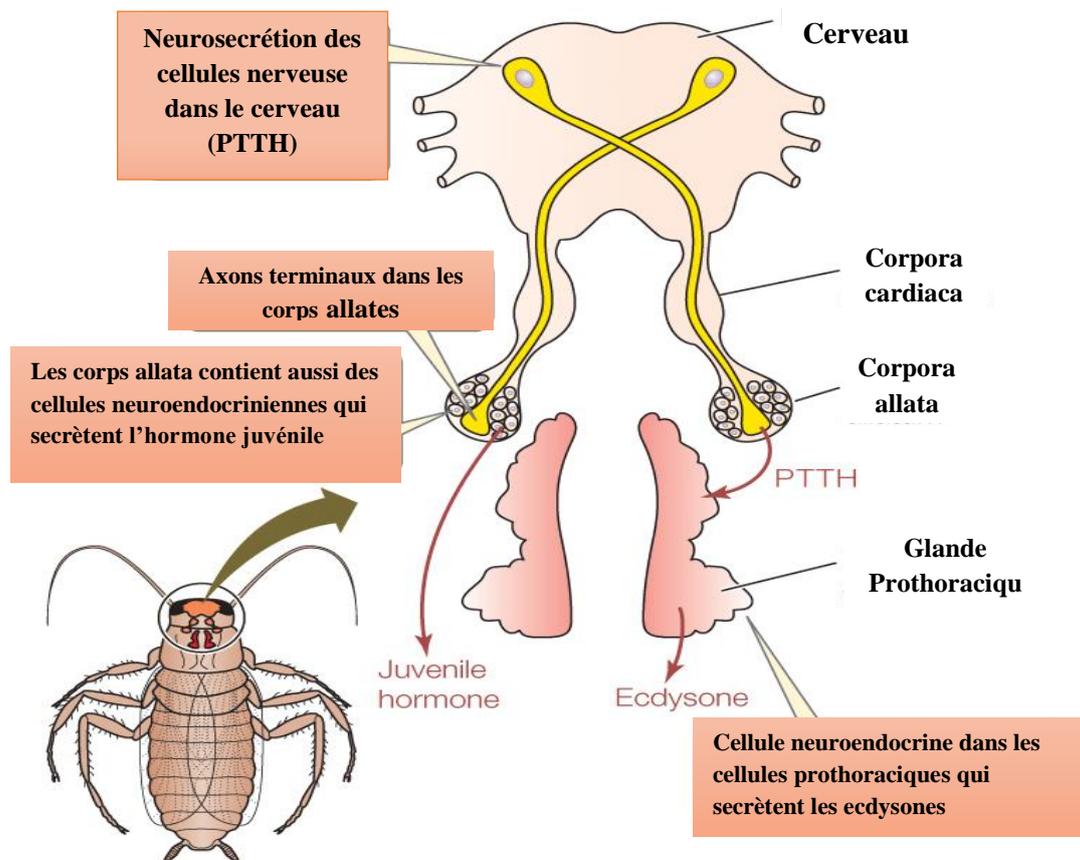
l'ovariole, prévitellogenèse, vitellogenèse, fonctionnement des glandes annexes, production de phéromones, comportement sexuel, ovulation, oviposition et larviposition.

L'activité ovarienne est régulée par des facteurs intrinsèques, hormones et neurohormones (Ou *et al.*, 2011), mais aussi extrinsèques environnementaux (Rideout *et al.*, 2012) comme l'accouplement, la prise de nourriture, les phéromones et la température, qui déterminent l'activation des voies endocrines et neuroendocrines conduisant à la reproduction.

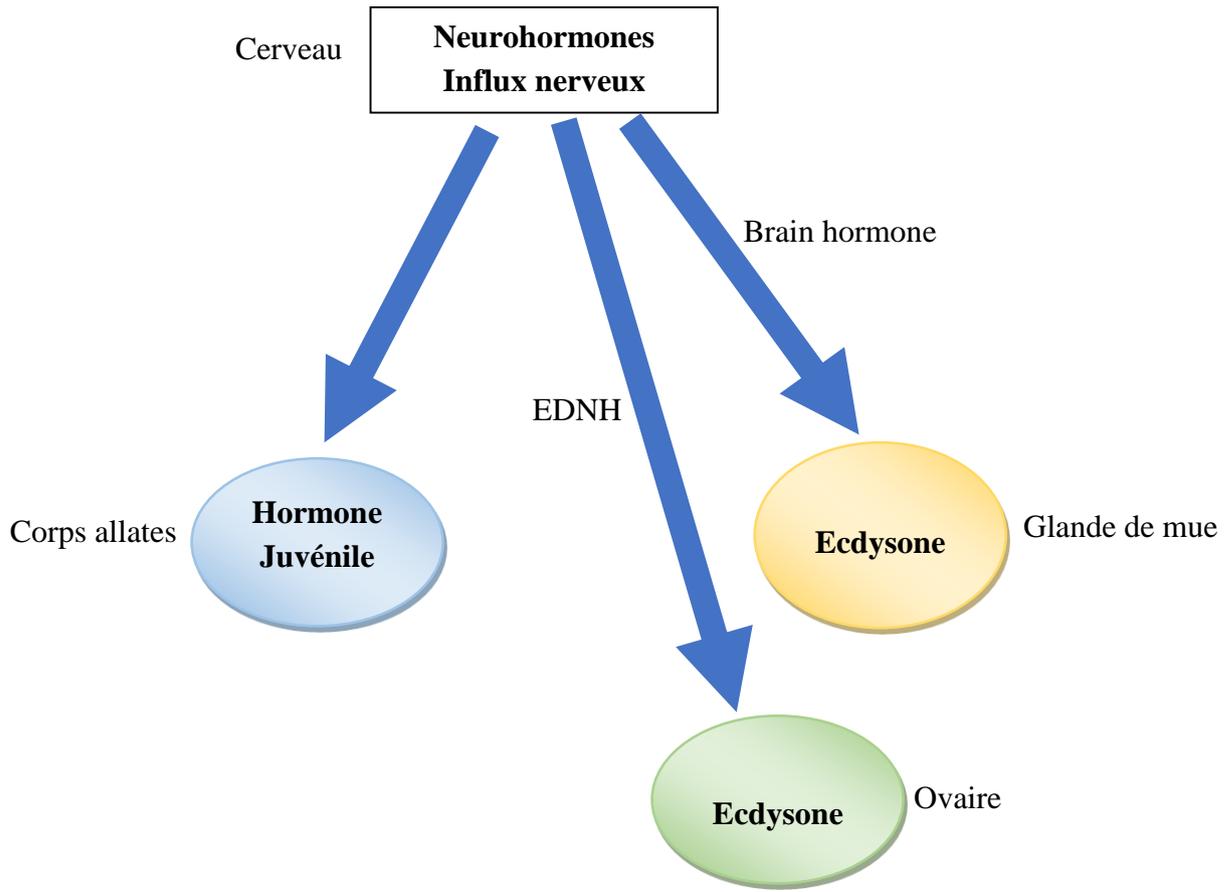
Les deux hormones des insectes, l'hormone juvénile (JH) et l'ecdysone, interviennent dans la régulation des principales étapes de la reproduction, que contrôlent également des neurohormones (figure 6). Ces dernières peuvent être impliquées directement dans les processus de reproduction ou participer de façon indirecte à leur réalisation en contrôlant la sécrétion de l'hormone juvénile et de l'ecdysone, que celle-ci ait lieu dans la glande de mue (Figure 7) ou dans l'ovaire. Il semble que l'ecdysone intervienne surtout dans les premières phases du fonctionnement ovarien, les neurohormones étant particulièrement importantes dans les phénomènes associés à l'accouplement et à la ponte (Raabe-Marie, 1984). Ainsi, les systèmes nerveux et endocrine ne fonctionnent pas de manière isolée l'un de l'autre chez les insectes, mais dans un complexe intégré ou système neuroendocrinien, où l'action hormonale reste sous la dépendance des neurosécrétions (Colombani *et al.*, 2012).

Les corps allates sont à l'origine des hormones juvéniles (JHs) dont la sécrétion est contrôlée par des neuropeptides activateurs, allatotropines ou inhibiteurs, allatostatines (Bellés & Maestro, 2005). L'HJ est une hormone qui contrôle la métamorphose chez les insectes par le maintien des caractères juvéniles et la programmation des mues larvaires (Cassier *et al.*, 1997). Par ailleurs, elle a aussi un rôle très important chez l'insecte adulte, où elle régule la reproduction, en particulier, la vitellogénèse (Riddiford, 2011). Chez la plupart des espèces d'insectes, cette hormone induit la synthèse de vitellogénines dans le corps gras de l'insecte et leurs incorporations dans les ovocytes en perméabilisant le follicule ovarien à leur passage (Cassier *et al.*, 1997). Ces vitellogénines sont sécrétées dans l'hémolymphe puis absorbées par l'ovaire, et stockées dans les œufs pour constituer le vitellus et l'ovogénèse chez la femelle (Gilbert *et al.*, 2000). L'HJ joue également un rôle dans l'activité des glandes annexes et des glandes à phéromones (Riddiford *et al.*, 2010).

Les ecdystéroïdes ovariens synthétisés par les cellules folliculaires, contrôlent la maturation et le fonctionnement des organes reproducteurs (Petryk *et al.*, 2003 ; Delanoue *et al.*, 2010). La biosynthèse des ecdystéroïdes est assurée par les glandes prothoraciques au cours des stades post-embryonnaires sous l'effet d'une neurohormone prothoracicotrope (PPTH) ou ecdysiotropine (Gäde & Hoffmann, 2005 ; Niwa *et al.*, 2010 ; Rewitz *et al.*, 2013). L'ecdysone, libérée dans l'hémolymphe, est rapidement convertie en 20-hydroxyecdysone (20E) dans les différents organes périphériques (Yoshiyama-Yanagawa *et al.*, 2011). Chez certaines espèces où les glandes prothoraciques sont transitoires et dégèrent à la mue adulte, les ovaires constituent la source principale d'ecdystéroïdes (Glitho *et al.*, 1979). La 20E joue un rôle essentiel dans la vitellogénèse, l'expression des gènes de la vitellogénine dans le corps gras (Gilbert *et al.*, 2002 ; Yamanaka *et al.*, 2013), la réinitiation méiotique et l'activation de la choriogénèse (Li *et al.*, 2000). Elle contrôle également l'embryogénèse (Figure 8) et le développement post-embryonnaire (Mirth & Shingleton, 2012) et la sécrétion de phéromones sexuelles chez les femelles de divers Diptères (Warren *et al.*, 2006).



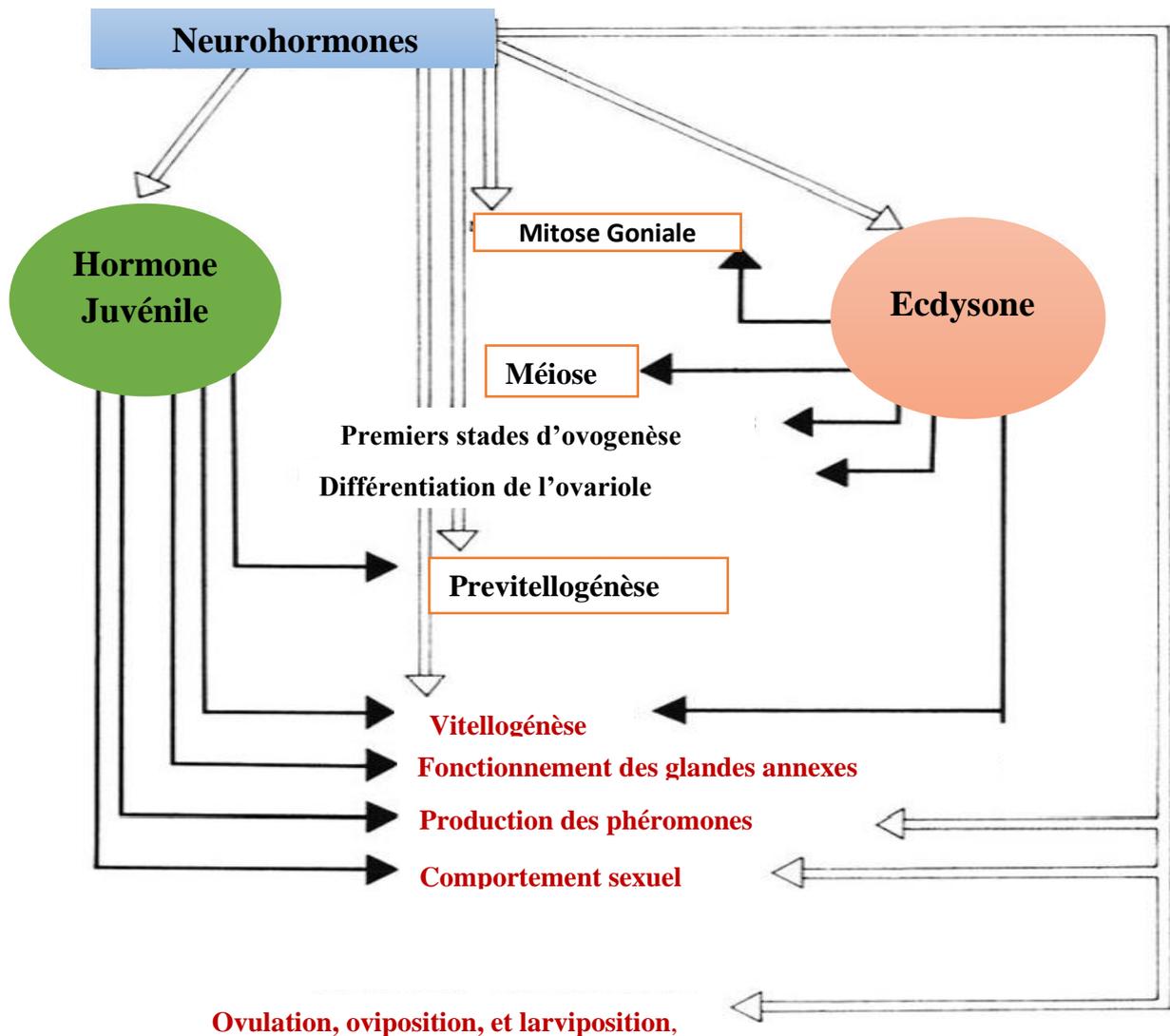
**Figure 6.** Systèmes nerveux et endocrine contrôlant la sécrétion des hormones et les neurohormones (Source : [www.slideshare.net/chandiniamaan/reproductive-system-in-insects](http://www.slideshare.net/chandiniamaan/reproductive-system-in-insects), Consulté le 27/6/2021).



**Figure 7.** Contrôle cérébral de la sécrétion de l'hormone juvénile par les corps allates, de l'ecdysone par les glandes de mue et l'ovaire (Source : <https://www.persee.fr/doc/bsef>, consulté le 20/06/2021).

La phase d'accroissement correspondant à l'accumulation de matériaux plastiques et énergétiques variés : lipides (triglycérides, lipoprotéines), glucides (glycogène), protéines et sels minéraux correspond à la vitellogénèse (Cassier *et al.*, 1997). Toute modification dans la concentration en protéines au cours de la vitellogénèse (Figure 8) peut conduire à une altération de la reproduction (Robker *et al.*, 2009). Dans ce processus, la protéine essentielle est la vitellogénine, une protéine précurseur du vitellus dans les ovocytes (Attardo *et al.*, 2005) ; elle est synthétisée dans les corps gras qui est un lieu de stockage des métabolites (protéines, glucides et lipides), mais aussi de synthèse de la majorité des protéines hémolympatiques (Roma *et al.*, 2010), et sécrétée dans l'hémolymphe puis captée par les ovocytes en voie de développement (Gilbert *et al.*, 2000). Les glucides possèdent un rôle essentiel dans la détermination, le développement et la maturation ovocytaire (Sutton-Mc Dowal *et al.*, 2010), source d'énergie, indispensables pour les organismes vivants, sont utilisés de façon immédiate

comme le glucose, ou sous forme de réserves comme le glycogène. Les taux de glycogène et de tréhalose, dans les tissus et l'hémolymphe, sont étroitement liés aux événements physiologiques comme la mue et la reproduction (Wiens & Gilbert, 1968). Enfin, les lipides représentent aussi une partie importante des réserves; une faible partie est synthétisée par l'ovocyte et les follicules, et une autre partie provient de l'hémolymphe sous forme de lipoprotéines (Cassier *et al.*, 1997); les lipides, principale source d'énergie chez les insectes, sont synthétisés et stockés dans le corps gras (Beenakers *et al.*, 1985) puis transportés vers les organes utilisateurs, notamment les ovaires via l'hémolymphe pour être utilisés lors de la vitellogénèse (Wigglesworth, 1972).



**Figure 8.** Représentation synthétique des principales étapes de la reproduction et de leur régulation (Source : <https://www.persee.fr/doc/bsef>, consulté le 20/06/2021).

## **I.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.

### **I.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 pyréthriinoïdes). Ils ciblent directement le système nerveux central des insectes (Casida & Durkin, 2013 ; Casida, 2017). Les organochlorés et les pyréthriinoïdes 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 Pyréthriinoïdes 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 Pyréthriinoïdes 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 (Suinga *et al.*, 2004 ; Sharma *et al.*, 2012 ; 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).

### ***1.6.2. 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 (Pan & Zhang, 2020 ; Deutsch *et al.*, 2021).

#### ***1.6.2.1. 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 (Pan & Zhang, 2020 ; Guéguen, 2021). 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 ; Ahsen & Shimizu, 2021).

#### ***1.6.2.2. 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 ; Frédéric, 2021).

#### ***1.6.2.3. 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 (Gutierrez *et al.*, 2015; Wang & Wang, 2017 ; Pan & Zhang, 2020 ; Gahéry , 2021).

#### ***1.6.2.4. Les protozoaires.***

Les familles les plus utilisées en lutte biologique sont les Amoebidae et les Nosematidae. (Greathead *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 ; Lepage, 2021).

#### ***1.6.2.5. 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 ; Debeaux, 2021).

#### ***1.6.2.6. 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).

#### ***1.6.2.7. Bio-insecticide d'origine végétale.***

La première substance 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 pyréthrine) 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).

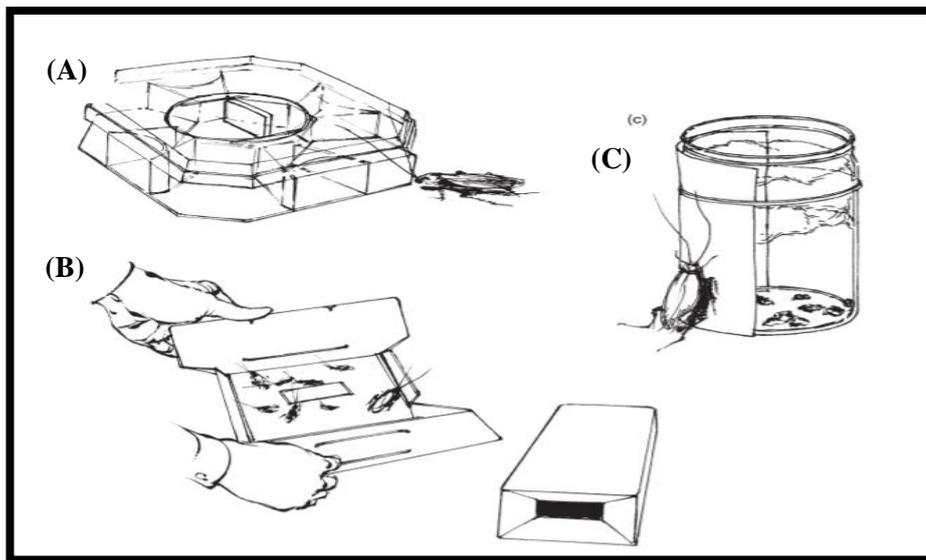
Le pyrèthre, extrait des fleurs de Chrysanthème (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) appartenant à la famille des Astéracées, agit par contact sur le système nerveux des insectes, provoquant une perte d'équilibre, des phénomènes convulsifs, une paralysie et finalement la mort (Gaudin, 1937).

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 pyrèthrines ont fait l'objet de plusieurs travaux (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 (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 ; Batimsoga *et al.*, 2021).

### 1.6.3. La lutte physique.

Elle consiste l'utilisation des pièges à glue (lyon, 1997 ; Kim *et al.* 2000). Les appâts ont été longtemps utilisé contre les blattes. Ils peuvent exister sous plusieurs formes (figure 9) 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 9.** Quelques modèles de piège. (A) : Piège mécanique élaborer 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.

*Chapitre II : présentation  
de bicarbonate de sodium*

### **II.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 (Nichols, 2006). 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 & 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 ; Guermoul *et al.*, 2020).

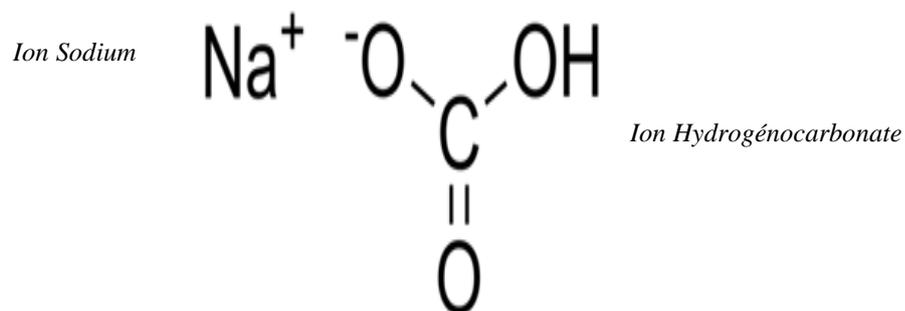
### **II.2. Appellations.**

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 ; Valkenburg *et al.*, 2019).

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

Le bicarbonate de sodium est un composé chimique inorganique décrit par la formule brute  $\text{NaHCO}_3$  (Figure 10). C'est une poudre cristalline blanche, inodore (Figure11). Le

carbonate de sodium est très soluble dans l'eau (solubilité maximale : 332,1 g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> par kilogramme de solution à 35,37 °C soit 448 g par litre de solution).



**Figure 10.** Formule chimique du bicarbonate de sodium  
(Source : [www.greelane.com](http://www.greelane.com) , consulté le 20/06/2021)



**Figure11** : Bicarbonate de sodium.  
(Source : [www.greelane.com](http://www.greelane.com) , consulté le 20/06/2021).

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 et 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

## II.4. Production et synthèse.

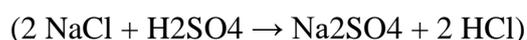
Le bicarbonate de soude de par l'intérêt grandissant qu'il suscite, nombreuses ont été les recherches d'aboutir à une production industrielle de masse. Ainsi des chimistes comme Nicolas Leblanc et Ernest Solvay mirent respectivement au point le procédé en 1789 et en 1863 afin de répondre à la demande (Perrin & Scharff, 1997).

### II.4.1. Principe du procédé de Nicolas Leblanc (Chimiste Français, 1742-1806).

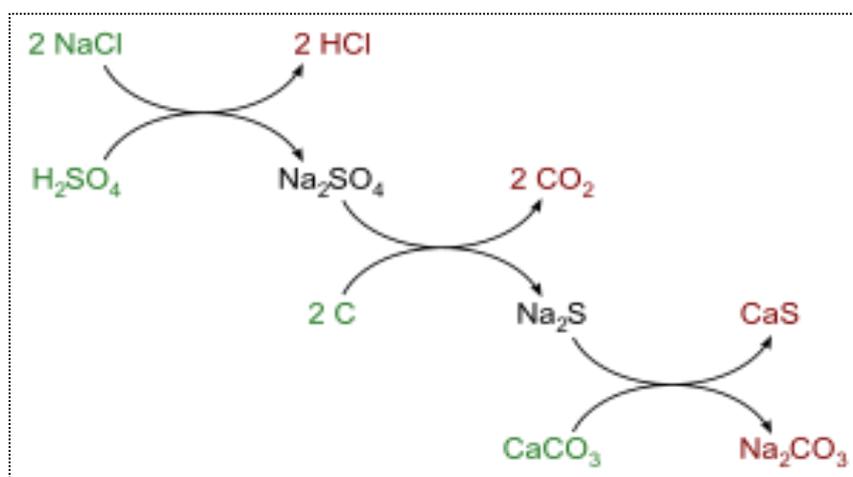
Le procédé Leblanc permettait d'obtenir du carbonate de sodium à partir de sel marin et de carbonate de calcium (qu'on trouve dans la craie et le calcaire). Ainsi le sel marin est chauffé avec de l'acide sulfurique, cette réaction donne du sulfate de sodium et de l'acide chlorhydrique. Le sulfate de sodium obtenu est mélangé avec du charbon de bois, puis de la craie (ou carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ ), qui sont alors "cuit" à très haute température. On obtient un mélange solide du carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), du sulfure de calcium ( $\text{CaS}$ ) et du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). 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 12 peut être résumé par les équations globales suivantes :

α Traitement du sel marin



α Calcination ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 + 2 \text{ C} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaS} + 2 \text{ CO}_2$ )



**Figure 12.** Schéma simplifié le procédé de de Nicolas Leblanc (Perrin et Scharff, 1997 (vert : réactifs, noir : intermédiaire, rouge : produits

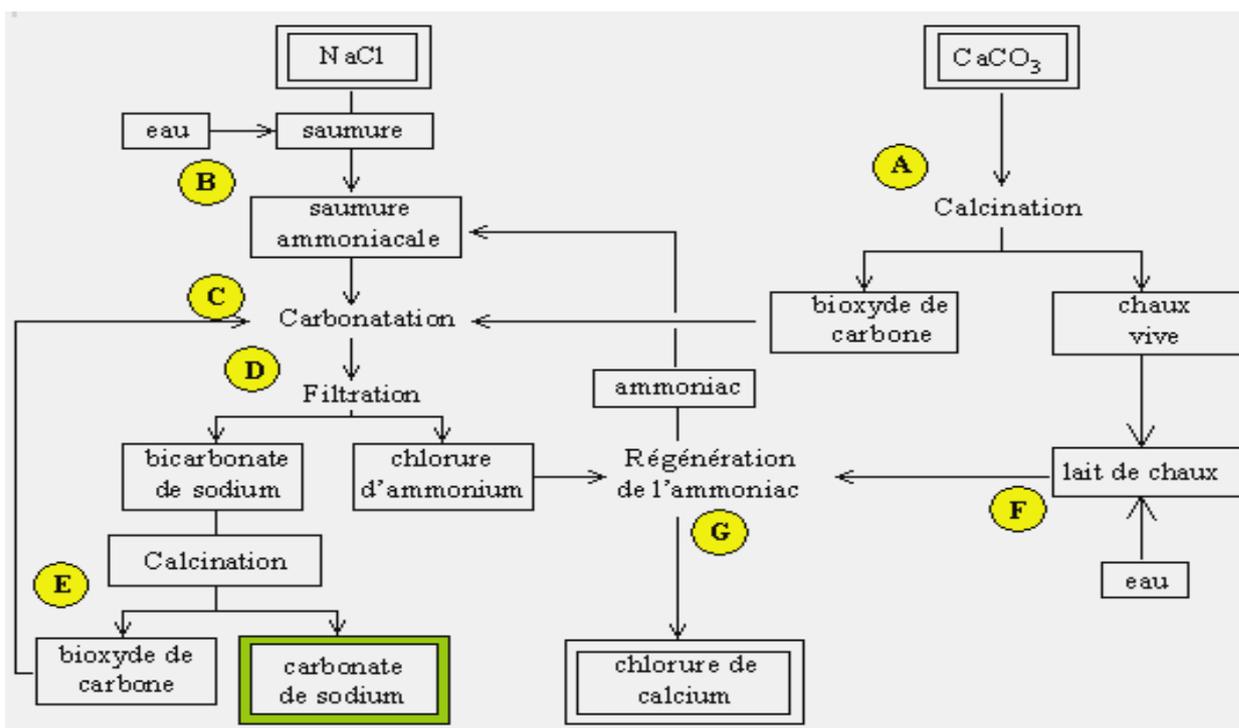
**II.4.2. Principe du procédé de Ernest Solvay (chimiste bruxellois, 1838 – 1922).**

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'hydrogénocarbonate de sodium. Le procédé Solvay fait intervenir nombreuse réactions chimiques qui sont relatées dans la figure 13.



**Figure 13.** 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 : carbonatation 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.

### ***II.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).

#### ***II.5.1. Le bicarbonate de soude technique.***

Le bicarbonate technique peut être utilisé dans la nourriture pour animaux, ainsi que pour le bricolage, l'entretien domestique et ménager, et pour le jardinage. Le taux de pureté de ce bicarbonate ne lui permet pas d'être utilisé pour la consommation humaine, c'est pourquoi, il est qualifié de bicarbonate technique. Pour cette raison, on ne peut pas l'utiliser pour des recettes de cuisine ni à des fins cosmétiques. On ne doit pas le mettre à la portée des enfants. Très populaire, ce produit est facile à se procurer, dans les magasins de bricolage, les drogueries ainsi que sur Internet. (Namous, 2016).

#### ***II.5.2. Le bicarbonate de soude pharmaceutique.***

La qualité de ce bicarbonate permet d'en faire usage de façon sûre pour la cuisine, les nettoyages mais aussi les soins corporels. C'est un bicarbonate qui est polyvalent, avec un usage optimisé également dans le domaine médical. Disponible en pharmacie, le bicarbonate de soude pharmaceutique est classé comme le plus pur parmi les différents types de familles de bicarbonate. Il peut être utilisé dans le contexte médical, car sa fabrication a nécessité des opérations complémentaires comme des analyses et des étapes de raffinage poussées. Il est également plus cher à l'achat, en raison de la qualité supérieure et des étapes nécessaires à sa confection. (Valkenburg *et al.*, 2019).

#### ***II.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 (Lochard *et al.*, 2003)

## **II.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 découverte et prouvées (Jennifer, 2019 ; Guermoul *et al.*, 2020).

### **II.6.1. Usage domestique.**

#### **II.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 ; Guermoul *et al.*, 2020).

#### **II.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 contacte alimentaire (Drake, 1997 ; Olson *et al.*, 1994 ; Rutala *et al.*, 2000). Ainsi il entretient le linge grâce à sa propriété adoucissant 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; Guermoul *et al.*, 2020).

#### **II.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 *Unicinula necato*. 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). Il existe nombreux travaux récents sur le bicarbonate de soude qui, ont pour objet d'étudier la possibilité de traitement écologique à base du bicarbonate de sodium sur les propriétés des fibres végétales et recherche de solutions pour remédier au manque de compatibilité entre les renforts naturels et les matrices polymères. Cette étude regroupe un certain nombre d'aspects sur la préparation de matériaux à base de ressources renouvelables, composites biodégradables (fibres et matrices) et les changements sur les propriétés mécaniques et la composition chimique des fibres se produit lorsque les fibres extraites sont traitées avec une solution à 10% en poids de bicarbonate de sodium pour différents traitements et différentes températures. Il a été observé que les fibres traitées présentent des améliorations notables des propriétés mécaniques par rapport aux fibres non traitées (Beldjoud, 2020).

### ***II.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 ; Guermoul *et al.*, 2020).

### ***II.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; Guermoul *et al.*, 2020).

#### **II.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; Guermoul *et al.*, 2020).

#### **II.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 ; Tremblay, 2019 ; Guermoul et al 2020). 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 montré 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).

*2ème Partie : partie*

*Expérimentale*

*Chapitre III : Matériel et*

*Méthodes.*

## Chapitre III : Matériel et méthodes.

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

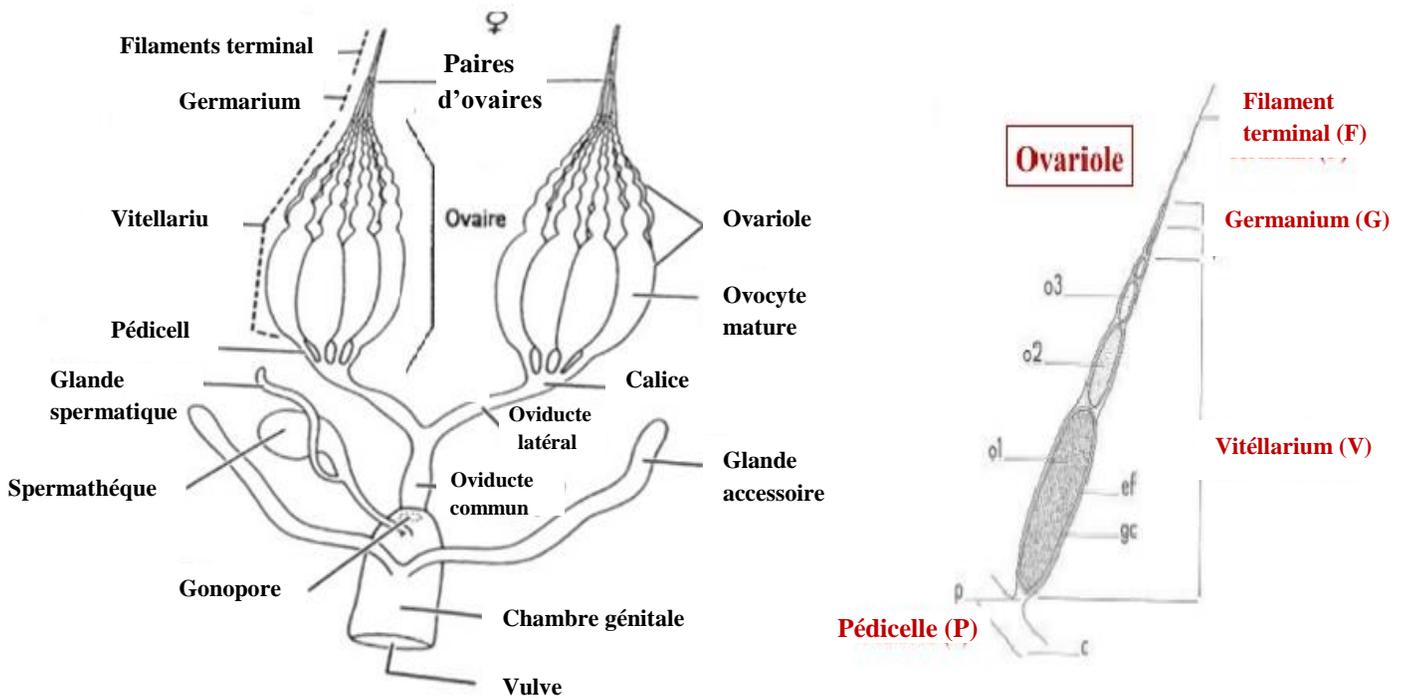
Dans ce contexte, s'inscrit le présent travail dont l'objectif essentiel consiste d'évaluer la toxicité de bicarbonate de soude chez *Blattella germanica*. Cette espèce, caractérisée par un fort potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrêmes et son intérêt dans le domaine médical, représente un modèle de choix.

En effet, afin de mieux comprendre son mécanisme d'action chez les adultes de *B. germanica* nouvellement exuvies (adultes 0 jours), plusieurs paramètres morphométriques de l'ovaire sont considérés ; À savoir le nombre d'ovocytes par paire d'ovaire, ainsi que la taille (longueur et largeur de l'ovocyte basale). Mais aussi le volume d'ovocytes basal calculé à partir de sa longueur et sa largeur aux différents âges (0, 2, 4 et 6 jours) du cycle gonadotrophique.

### ***III.2. Matériel.***

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

*B. germanica* est une blatte ovipare (Roth, 1970), dont l'ovaire est de type panoïstique et où toutes les cellules germinales issues des mitoses goniales peuvent évoluer en ovules (Figure 14). Les ovarioles sont caractérisés par l'existence de deux zones fonctionnelles, le germarium apical et le vitellarium (Cassier *et al.*, 1997). Le germarium est le siège de la multiplication des ovogonies qui donneront les ovocytes sans aucune formation de cellules nourricières. Le vitellarium permet aux ovocytes, entourés par une assise de cellules folliculaires, d'accumuler des réserves (vitellus) et d'acquérir des enveloppes protectrices, sécrétées par le follicule, appelées enveloppe vitelline et chorion (Raikhel & Dhadialla, 1992).



**Figure 14.** Appareil reproductrice de *Blattella germanica*

(Source : [www.slideshare.net/chandiniamaan/reproductive-system-in-insects](http://www.slideshare.net/chandiniamaan/reproductive-system-in-insects), Consulté le 27/6/2021)

**F** : relie l'ovariole à la paroi du corps ou au diaphragme, **G** : cellules germinales primordiales (Ovogonies plus gamètes), **V** : les ovocytes en voie de vitellogénèse, **P** : tube détruit lors de chaque ovulation

### III.2.2. Matériel chimique.

#### III.2.2.1. Présentation de bicarbonate de soude.

Le bicarbonate de sodium est un composé inorganique ionique blanc de l'anion hydrogénocarbonate et du cation sodium, qui se présente généralement sous forme d'une poudre, sa formule chimique brute est le  $\text{NaHCO}_3$ . La forme ultra pure du bicarbonate de soude, très rare, est constituée de cristaux prismatiques blancs (Figure 15), à un poids moléculaire 84,007 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. Présenté sous trois formes technique,

alimentaire et pharmaceutique, le bicarbonate de soude depuis longtemps les grand-mère l'utilisaient pour lutter contre quelque nuisibles. À cause de sa 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.



**Figure 15.** Bicarbonate de soude

( Source : <https://www.google.com/search?q=bicarbonate&rlz>, consulté le 21/6/2021).

### ***III.3. Méthodes.***

#### ***III.3.1. Méthode de prélèvement des insectes.***

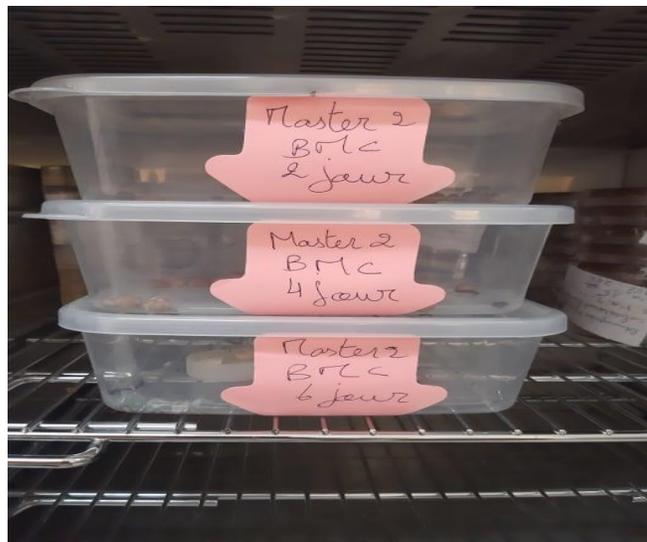
Les prélèvements des blattes ont été effectuées de différents endroits de la ville (hôpitaux, structures commerciales, résidences universitaire, maisons et logements). La capture des blattes a été effectuée manuellement, elle a été faite enlaçant des pièges dans les coins là où les blattes sont généralement les plus nombreuses. Les pièges sont, soit des bouteilles en plastique dans lesquelles on met des captivants alimentaires (pomme, des biscuits ou des morceaux de pain), soit des cartons pliés sous lesquels les blattes s'abritent (Figure 16 A et B).



**Figure 16.** Méthodes de collection des blattes (A : piège de cartons pliés, B : piège de bouteilles en plastique) (photo original, 2021).

### III.3.2. Elevage au 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 assistent d'abris. Les blattes sont nourries avec des biscuits et abreuvées du coton trempé d'eau. L'élevage est soutenu à une température de  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , une hygrométrie de 70 à 80% et une photopériode de 12 heures (Figure 17).



**Figure 17.** Elevage de *Blattella germanica* en laboratoire (photo personnelle, 2021).

### III.3.3. Préparation de la substance chimique de bicarbonate de sodium.

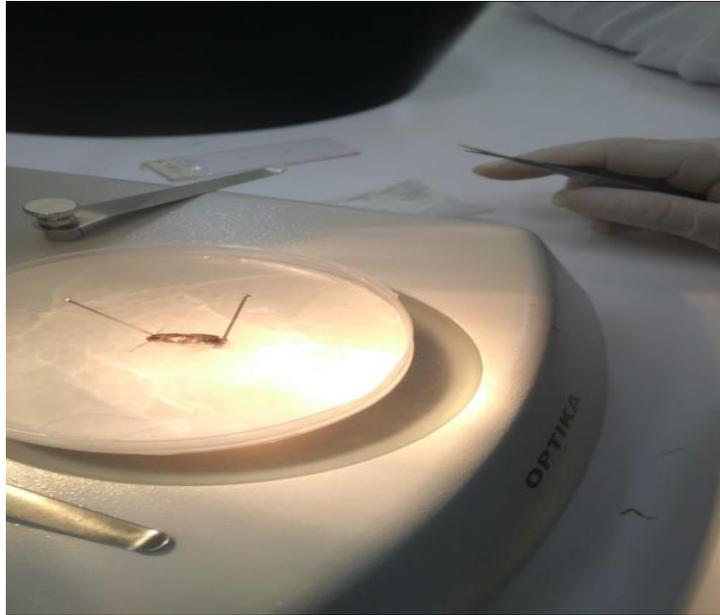
Le bicarbonate de sodium est obtenu à partir d'un magasin d'alimentation général. La doses maintenue est 800 mg/insecte qui présente la DL50, doses obtenus après la réalisation de test de toxicité chez *Blattella germanica* (Guermoule *et al*, 2020). La pesée de la dose létale (DL50) du bicarbonate de sodium a été effectuée grâce à une balance de précision, localisée dans le laboratoire. La dose pesée a été mélangée avec de l'eau distillé, ensuite incorporée aux biscuit écrasé (poids/poids) et sert comme nourriture pour les adultes nouvellement émergés de *Blattella germanica*.

### III.3.4. Traitement des insectes et prélèvement des ovaires.

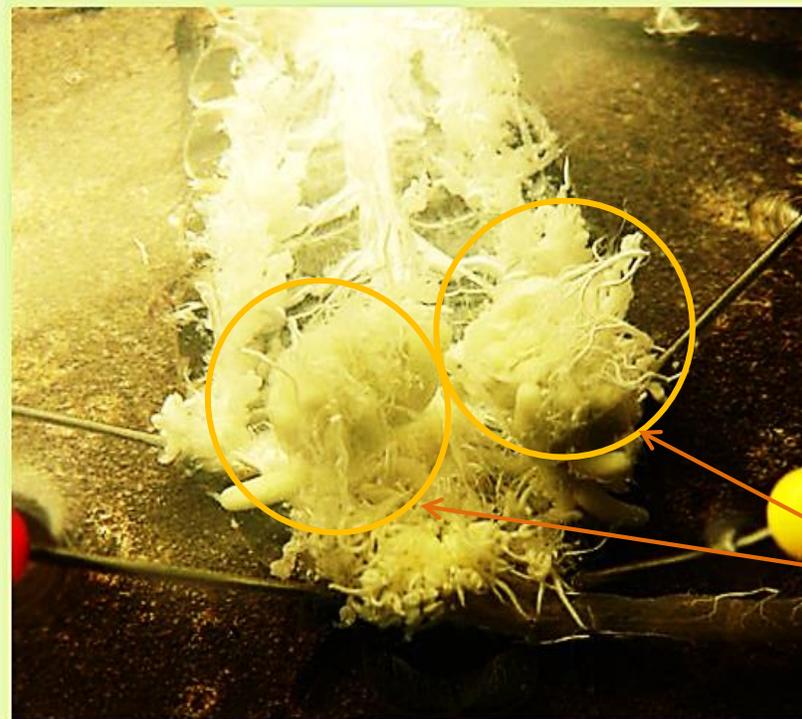
L'administration de bicarbonate de soude aux adultes femelle de *B. germanica* nouvellement émergés (0 jour), a été effectuée par ingestion à une DL50 de l'ordre de 800 mg/insecte sous forme d'un mélange alimentaire (biscuit/insecticide). Une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent uniquement du biscuit. Les ovaires des femelles adultes des séries témoins et traitées seront échantillonnées à différents âges (0, 2, 4 et 6 jours) au cours du premier cycle gonadotrophique. Le prélèvement des ovaires est effectué sous loupe binoculaire (figure 18 et 19) et différents paramètres biométriques sont considérés, à savoir :

- \* le nombre d'ovocyte par paire d'ovaire
- \* la taille (longueur et largeur) de l'ovocyte basal à l'aide d'un micromètre préalablement étalonné
- \* le volume de l'ovocyte basal exprimé en  $\text{mm}^3$  est calculé à partir de sa longueur et sa largeur grâce à la formule de Lambres *et al.*, (1991).

$$\text{Volume} = 4\pi/3 (\text{Longueur}/2) (\text{Largeur}/2)^2$$



**Figure 18.** Prélèvement des ovaires de *Blatella germanica* sous la loupe binoculaire (photo personnel, 2021).



Paire d'ovaires

**Figure 19.** Gonades d'une femelle adulte de *Blattella germanica* nouvellement exuvie (X50),  
(Source : [www. Wikipédia.fr](http://www.Wikipédia.fr), consulté le 13/06/2021).

### **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 précisé dans les tableaux et les figures. Différents tests statistiques seront réalisés à l'aide du logiciel MINITAB (Version 18 pour Windows 10) d'analyse et de traitement statistique des données.

- ❖ Pour toutes les séries de données l'égalité des variances sera 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.
- ❖ Le test « t » de Student ( $p \leq 5\%$ ) et l'analyse de la variance à deux critères de classification du modèle linéaire généralisé (ANOVA), permis de mettre en évidence les différences entre les groupes étudiés.

# *Chapitre IV: Résultats*

## IV. RESULTATS.

### IV.1. Morphométrie de l'ovaire.

Le bicarbonate de soude a été administré aux adulte femelles de *B. germanica*, par ingestion à la DL50 (800 mg/insecte), dose évalué chez ce fléau par Guermoul *et al.*, (2020), le jour de l'exuviation imaginale. Les effets de ce composé inorganique ont été évalués sur la reproduction des femelles adultes de *B. germanica*. En effet une étude de différents paramètres morphométriques de l'ovaire a été considérée, comme le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires, la longueur (L), la largeur (l) et le volume de l'ovocyte basal au cours du cycle gonadotrophique, 0, 2, 4 et 6 jours.

#### IV.1.1. Effet de Bicarbonate de soude sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires.

Les résultats relatifs aux effets de bicarbonate de soude sur le nombre d'ovocyte chez les femelles adultes (0 jour) de *Blattella germanica* sont représentés par la figure 20.

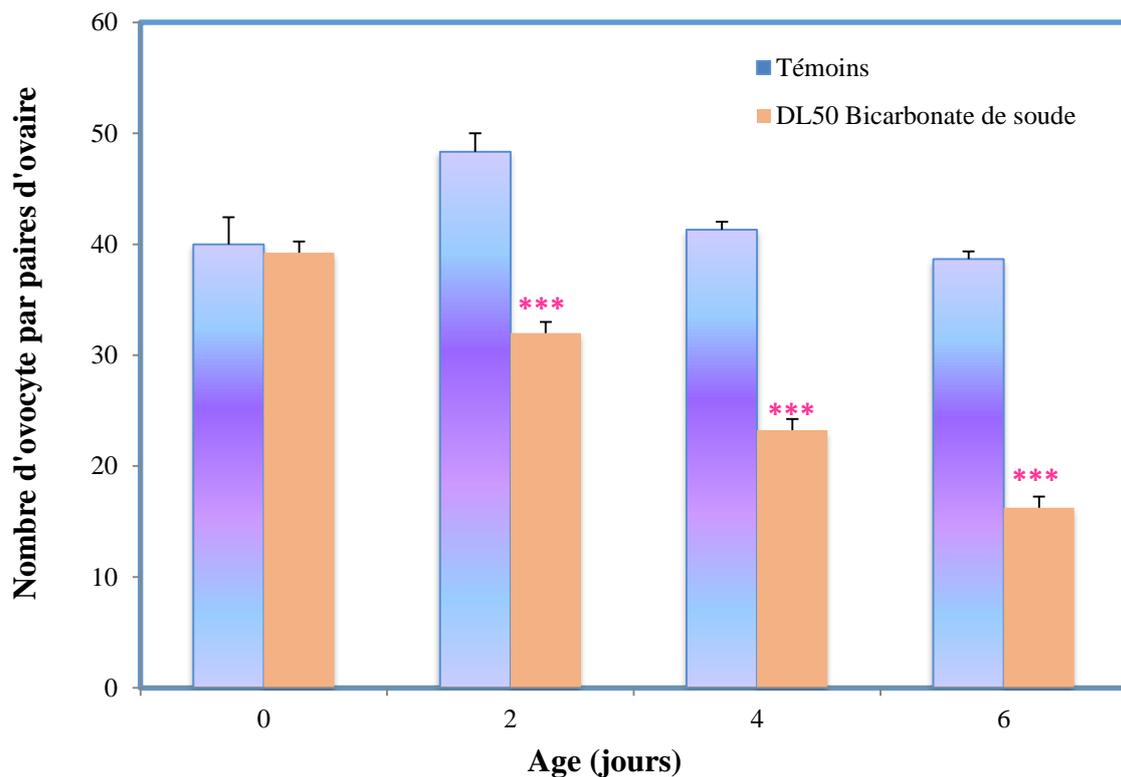
Le nombre d'ovocyte par paire d'ovaires chez les séries témoins augmente d'une manière significative à 2 jours ( $p = 0,01$ ), puis diminue très significativement ( $p = 0,001$ ) à 4 jours et significativement ( $p = 0,01$ ) à 6 jours.

Le nombre d'ovocyte chez les séries traitées par bicarbonate de soude à la DL50 diminue très significativement à 2 jours ( $p = 0,007$ ). Cependant une diminution très significative a été enregistré à 4 et 6 jours ( $p = 0,001$ ).

La comparaison entre les séries témoins et traitées montre une diminution hautement significative ( $p = 0,0001$ ) aux différents âges de traitement testés 0, 2, 4 et 6 jours au cours de cycle gonadotrophique.

Chez les séries témoins, la diminution du nombre d'ovocytes, observée à 4 jours est expliquée par la ponte qui se produit à ce moment du cycle gonadotrophique. Le bicarbonate de soude semble bloquer la ponte et entraîne une baisse du nombre d'ovocytes à la dose testée.

L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA), donnée en annexe1 (Tableau 1), révèle un effet du traitement, de l'âge et une interaction traitement-âge hautement significative ( $p \leq 0,0001$ ).



**Figure 20.** Effet de bicarbonate de soude (DL50 mg/insecte), administré par ingestion, sur le nombre d'ovocyte par paire d'ovaire, chez les adultes femelles de *Blattella germanica* nouvellement exuvies ( $m \pm s$ ;  $n = 4$ ).

\* Différences significatives entre les différentes séries pour un même âge.

#### IV.1.2. Taille de l'ovocyte basal

##### IV.1.2.1. Effet de bicarbonate de soude sur la longueur et la largeur de l'ovocyte basal

La longueur et la largeur de l'ovocyte basal des séries témoins et traités avec le bicarbonate de soude sont représentées par la figure 21 et 22 et mentionnées dans le tableau 2.

Chez les femelles témoins de *B. germanica*, la longueur de l'ovocyte basal augmente significativement à 2 jours ( $p = 0,01$ ). Une augmentation hautement significative aura lieu ensuite à 4 et 6 jours ( $p = 0,0001$ ).

Ces données révèlent que la longueur de l'ovocyte basal augmente en fonction de l'âge, de l'émergence à 6 jours, au cours du cycle gonadotrophique.

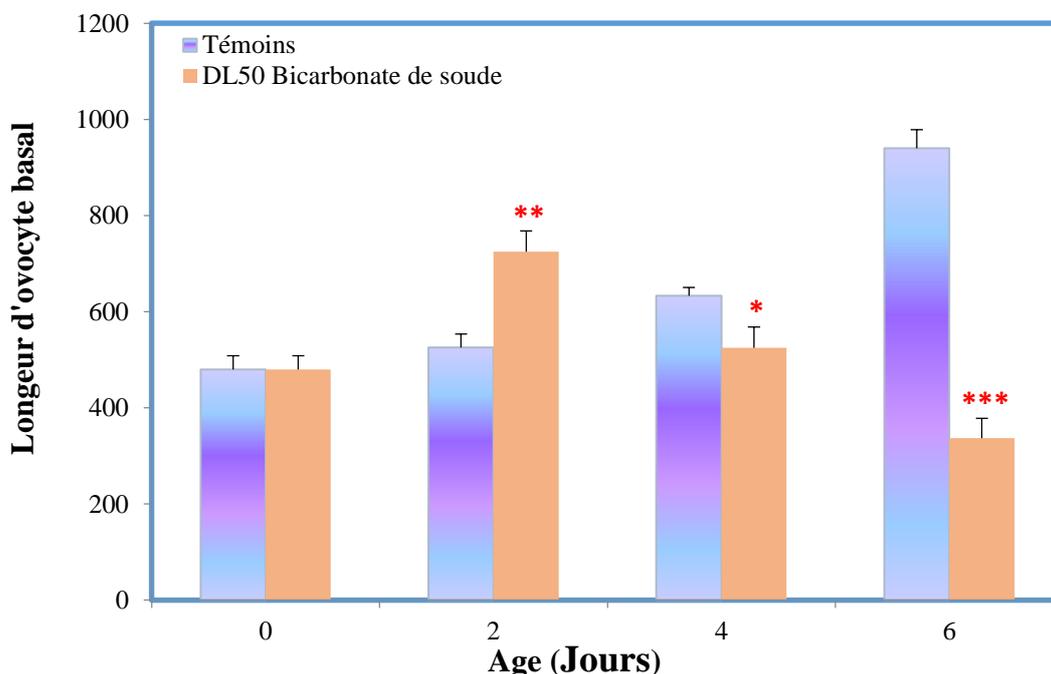
Cependant chez les femelles adultes nouvellement exuviées traitées par le bicarbonate de soude, une réduction très significative dans la longueur de l'ovocyte basal est constatée

au sein de la même série, à partir du deuxième jour de traitement 2 ( $p = 0,003$ ), 4 ( $p = 0,001$ ) et 6 (0, 003) jours.

La comparaison entre les séries témoins et traitées montre une augmentation très significative dans la longueur de l'ovocyte basal à 2 jour ( $p = 0,004$ ) chez les insectes traités comparativement aux témoins. La longueur de l'ovocyte basal révèle ensuite une diminution très significative au quatrième jour ( $p = 0,02$ ) et hautement significative au sixième jour ( $p = 0,0001$ ) au sein des séries traitées au bicarbonate de soude comparativement aux témoins.

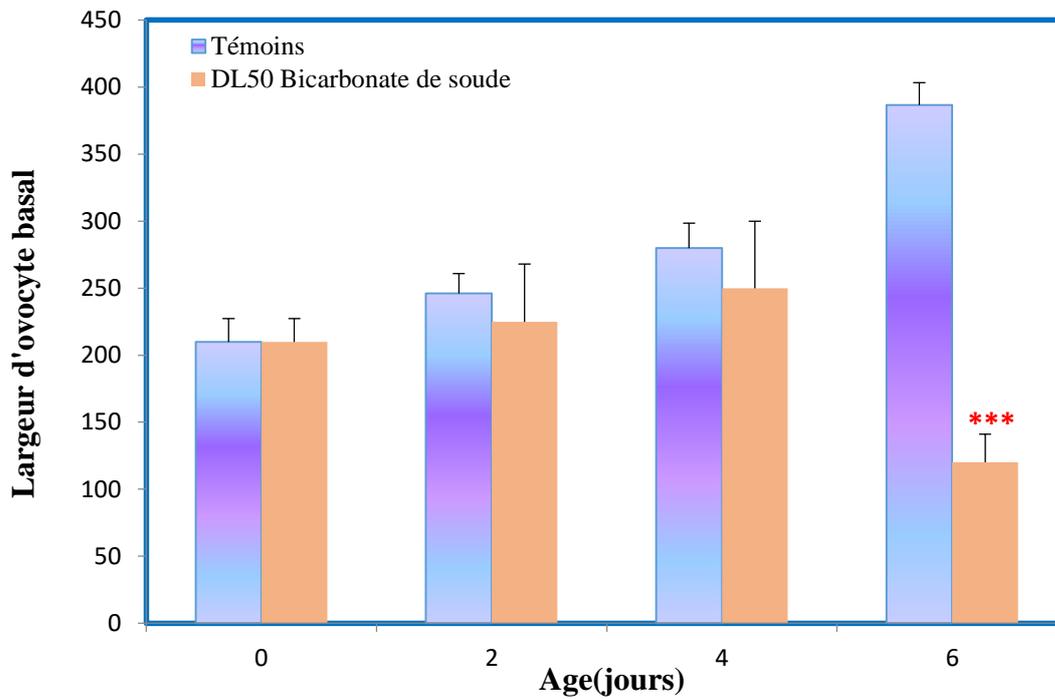
La largeur de l'ovocyte basal chez les séries témoins de *B. germanica*, augmente d'une manière significative à 2 jours ( $P = 0,003$ ), et hautement significative à 4 et 6 jours ( $P = 0,0001$ ). Cependant au sein de la même série des insectes traités par le bicarbonate de soude, la largeur de l'ovocyte basal révèle une réduction très significative seulement à 6 jours ( $p = 0,01$ ).

La comparaison entre les séries témoins et traitées révèle une diminution hautement significative ( $p = 0,0001$ ) dans la largeur de l'ovocyte basal seulement à partir de sixième jour.



**Figure 21.** Effet de bicarbonate de soude (DL50 mg/insecte), administré par ingestion, sur la longueur de l'ovocyte basal chez les adultes femelles de *Blattella germanica* nouvellement exuviées ( $m \pm s$ ;  $n = 4$ ).

\* Différences significatives pour les valeurs d'un même âge entre les différentes séries.



**Figure 22.** Effet de bicarbonate de soude (DL50 mg/insecte), administré par ingestion, sur le largeur d'ovocyte, chez les adultes femelles de *Blattella germanica* nouvellement exuvies ( $m \pm s$  ;  $n=4$ ).

\* Différences significatives pour les valeurs d'un même âge entre les différentes séries.

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Annexe 1 : Tableau 2 et 3) a permis de mettre en évidence un effet traitement et un effet âge et une interaction hautement significatives ( $p=0,0001$ ) entre le traitement et l'âge, pour ces deux critères morphométriques ovariens considérés.

**Tableau 2 :** Effet de Bicarbonate de soude (800 mg/insecte) administré par ingestion, le jour de l'exuviation, sur la taille (longueur/largeur) de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ) chez les femelles de *B. germanica* ( $m \pm s$  ;  $n= 4$ ).

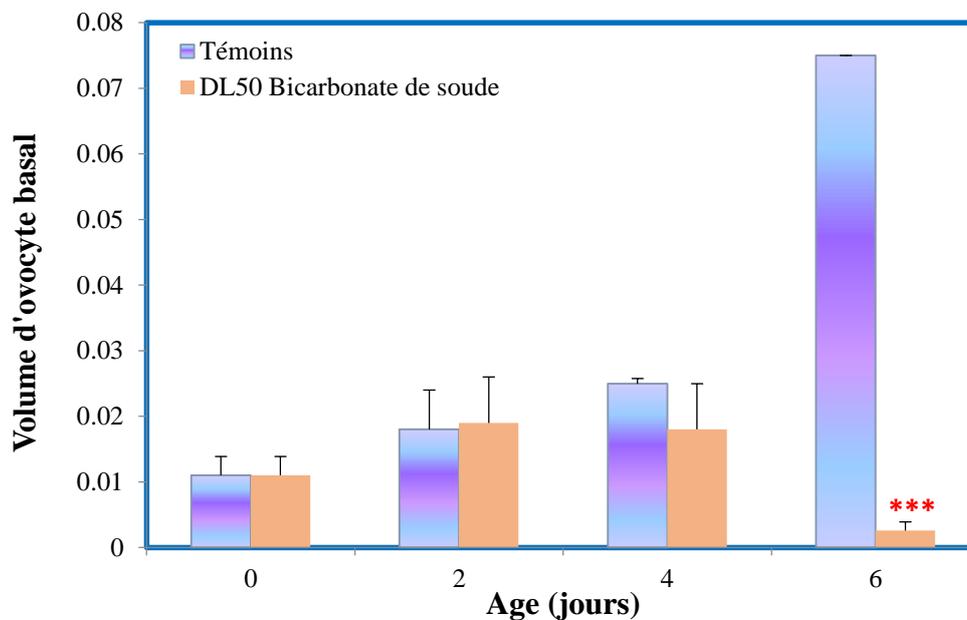
Paramètre morphométrique ( $\mu\text{m}$ )	Âge (jours)	Témoins	Bicarbonate de soude (DL50)
Longueur	0	480 $\pm$ 28,28 a A	480 $\pm$ 28.28 a A
	2	526 $\pm$ 27,48 b A	725 $\pm$ 0.043 b B
	4	633,31 $\pm$ 17,48 c A	552 $\pm$ 0.043 c B
	6	940 $\pm$ 38,72 d A	337 $\pm$ 0.041 d B
Largeur	0	210 $\pm$ 17,32 a A	210 $\pm$ 17.32 a A
	2	246 $\pm$ 14,9 b A	225 $\pm$ 0.043 a A
	4	280 $\pm$ 18,6 c A	250 $\pm$ 0.05 a A
	6	386,66 $\pm$ 16,7 d A	120 $\pm$ 0.021 b B

- ❖ Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ).
- ❖ Les lettres en minuscules comparent les moyennes d'une même série entre les différents âges ; les lettres majuscules comparent les moyennes d'un même âge entre les différentes séries (comparaison : test t de Student, 5%).

#### IV.1.2.2. Effet de Bicarbonate de soude (DL50) sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal

Le volume de l'ovocyte basal, calculé à partir de sa longueur et sa largeur montre des différences hautement significatives à 6 jours seulement ( $p = 0,0001$ ) au sein des séries témoins. Des différences très significatives sont constatées également au sein des séries traitées au bicarbonate de soude à 6 jours ( $p = 0,04$ ) dans ce paramètre morphométrique au cours de cycle gonadotrophique.

Le traitement avec la dose testée (800 mg/insecte), des adultes femelles de *B. germanica*, avec le bicarbonate de soude affecte le volume de l'ovocyte basal. En effet, une réduction hautement significative, après le sixième jour de traitement ( $p = 0,0001$ ) est constatée comparativement aux témoins (Figure 23).



**Figure 23.** Effet de bicarbonate de soude (DL50 mg/insecte)), administré par ingestion sur le volume (mm<sup>3</sup>) de l'ovocyte basal, chez les adultes femelles de *B. germanica* nouvellement exuvies ( $m \pm s$ ,  $n = 4$ ).

\* Différences significatives pour les valeurs d'un même âge entre les différentes séries.

L'analyse de la variance à deux critères de classification (Annexe 1 : Tableau 4) a permis de mettre en évidence un effet traitement et un effet âge et une interaction hautement significatives ( $p = 0,0001$ ) entre le traitement et l'âge dans le volume de l'ovocyte basal.

## Discussion

La capacité des insectes à construire sa densité numérique par reproduction dépend de plusieurs caractéristiques, à savoir le nombre d'œufs que chaque femelle pond, la brièveté du cycle de vie, la succession rapide de générations. Mais également la proportion de femelles dans chaque génération qui produira la génération suivante. La perturbation de la capacité reproductrice semble être un outil fondamental dans le programme de lutte.

Chez la *Blatte germanique*, le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires, augmente à 2 jours puis diminue à partir du quatrième jour chez les séries témoins ; cette diminution du nombre observée à 4 jours peut s'expliquer par le début de la ponte qui a lieu généralement entre 4 et 6 jours (Kilani-Morakchi *et al.*, 2009 ; Maiza *et al.*, 2013 ; Habes *et al.*, 2013).

Le traitement par ingestion des femelles de *B. germanica*, le jour de l'exuviation adulte, avec le bicarbonate de soude réduit le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires au cours du cycle gonadotrophique. Ainsi une réduction dans la longueur, la largeur et le volume de l'ovocyte basal est également constatée comparativement aux témoins. L'ingestion de bicarbonate de soude semble affecter l'ovogénèse et la ponte en perturbant de ce fait le phénomène de la reproduction chez ce fléau. La diminution dans le nombre d'ovocyte et la perturbation de leur développement sous l'effet de bicarbonate de soude s'expliquent par sa forte toxicité à l'égard de ce fléau (Guermoul *et al.*, 2020). L'effet indirect de ce composé sur le système neuroendocrine et endocrine pourrait conduire, à des effets secondaires sur les principales neurohormone (PPTH) et hormones (l'hormone juvénile et les ecdystéroïdes) intervenant dans le processus de la reproduction (Maestro, 2005 ; Gade & Hoffmann, 2005 ; Hoffmann, 2018).

Des résultats analogues ont été obtenus avec un autre insecticide inorganique, l'acide borique, administré par la même voie aux adultes de *B. germanica* (Kilani-Morakchi *et al.*, 2010 ; Habes *et al.*, 2013). De la même manière l'acide borique c'est avéré très efficace pour réduire la prolifération chez *B. germanica* après l'application topique de ce composé (Yang *et al.*, 2021).

Identiquement, les travaux de Kissoum *et al.*, (2020) ont approuvé l'altération de l'ovogénèse chez les adultes d'une autre espèce diptère *Drosophila melanogaster* après

l'application d'un autre composé inorganique le spiromesifen. En effet, une inhibition de la croissance et le développement de ovaires a été concédée par une détérioration des paramètres morphométriques des ovaires. Cependant l'application de deux composés inorganiques, le nitrogène-phosphore-potassium (NPK) et le chlorure de potassium (KCL), chez une espèce diptère *Anopheles arabiensis* montre une réduction dans le nombre d'ovocyte avec le KCL et contradictoirement une augmentation d'ovules pondus avec le NPK (Samuel *et al.*, 2020).

Des perturbations identiques de l'ovogenèse sont également contemplées chez *B. germanica* après l'application topique, de diverses molécules appartenant aux différents groupes de pesticide comme un carbamate le benfuracarbe (Maiza *et al.*, 2004), le spinosad un biopesticide dérivé de la fermentation d'une bactérie et l'indoxacarbe un oxadiazine (Maiza *et al.*, 2013).

L'inhibition de la croissance des ovaires et l'immaturité de l'oothèque ont été également constatées chez *B. germanica* traitée par diverses molécules perturbatrices de croissance tel qu'un agoniste des ecdystéroïdes, l'halofenozide (RH-0345) (Kilani- Morakchi *et al.*, 2009).

Le pyriproxifène analogue de l'hormone juvénile inhibe également l'éclosion des œufs et entraîne la suppression de l'émergence des adultes, avec une réduction de la fécondité et une diminution de la viabilité des œufs (Bonia *et al.*, 2010). Pareillement l'examen des ovaires de *B. germanica* a montré une altération morphologique dans les ovaires vitellogéniques et prévitellogéniques, au niveau folliculaire et germinal et une diminution de la ponte après traitement par un analogue de l'hormone juvénile (JH) le pyriproxifène (Kawada, 1988). Le novaluron, un inhibiteur de la synthèse de la chitine altère similairement l'ovogénèse chez *B. germanica*, par ingestion (Hamilton *et al.*, 2021). Des effets comparables s'ont encore observés chez une autre espèce de Blatte, la Blatte orientale (*B. orientalis*) traité par antagoniste des ecdystéroïdes l'azadirachtin (Tine *et al.*, 2011), en effet une diminution dans l'évolution des œufs est observée. Ce dernier affecte aussi la maturation d'ovocytes et le développement embryonnaire. D'autres travaux effectués sur d'autres espèces diptères traitées par les perturbateurs de croissance ont pareillement montrés les mêmes résultats que chez *B. germanica*. Ainsi, les travaux de Yeeles *et al.*, (2021) expérimentés sur *Anoplopiis gracilipes* ont montrés qu'un analogue de l'hormone juvénile le méthoprène s'est avérée très efficace. Conséquence à une détérioration de l'ovogénèse prouvée par une réduction de nombre d'ovocytes par paire d'ovaires à l'égard de cette espèce.

### ***Conclusion et perspectives.***

Le bicarbonate de soude a été administré à la dose létale (DL50) par ingestion, le jour de l'exuviation adulte de *Blattella germanica*, modèle biologique de choix de par son intérêt médical et sa grande capacité de résistance. Les effets de ce composé ont été évalué sur la reproduction au cours de cycle gonadotrophique.

La DL50 testée sur des paramètres morphométrie de l'ovaire (nombre d'ovocyte par paires d'ovaires, la longueur, la largeur et le volume de l'ovocyte basal) révèle l'impact négatif de cette molécule sur le processus de reproduction, en effet une inhibition de l'ovogénèse est constatée.

Les perturbations notées dans le processus de reproduction par l'altération de l'ovogénèse, chez les adultes femelles de *B. germanica*, après traitement avec le bicarbonate de soude pourraient être expliqués par la neurotoxicité de cette molécule (Pierard, 2003). En effet, la relation étroite qui existe entre les systèmes nerveux et neuroendocrine chez les insectes peut être à l'origine de ces perturbations notées, via les hormones et neurohormones impliquées dans le contrôle endocrine de la reproduction.

A l'avenir il sera intéressant de compléter ces résultats dans un premier temps par une analyse quantitative et qualitative des métabolites ovariennes (glucides, protéines et lipides). Il sera également intéressant d'effectuer un dosage des vitellogénines ainsi qu'un dosage *in vivo* et *in vitro* de l'ecdysone et de l'hormone juvénile, afin d'évaluer les effets de ce composé sur la vitellogénèse. Une étude histologique de l'ovaire permet aussi de mettre en évidence le mécanisme de détériorations des tissus épithéliaux de l'ovaire.

Dans un second temps, il sera aussi important de poursuivre les recherches sur l'éventuel impact de cette molécule sur le comportement sexuel de *B. germanica*, en étudiant leurs effets sur le rapprochement des sexes au cours de l'accouplement.

Enfin, effectuer des dosages enzymatiques du système de détoxification comme les estérases, les monooxygénases à P450, les glutathionne S-transférases et les techniques de biologie moléculaire pourraient contribuer à mieux comprendre la mise en place de la résistance chez ce fléau.

## Résumé

Le bicarbonate de sodium, additif alimentaire est un composé inorganique a été testé à la dose létale (DL50) 800 mg/insecte par ingestion, le jour de l'exuviation des adultes femelles de *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera : Blattellidae). Cette espèce est caractérisée par un potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrêmes et son intérêt médical, car se trouve souvent à l'origine de plusieurs maladies infectieuses. La toxicité de ce composé a été évaluée sur le processus de reproduction, sur des paramètres morphométriques de l'ovaire (nombre d'ovocyte par paires d'ovaires, la longueur, la largeur et le volume de l'ovocyte basal). Ainsi, les résultats obtenus montrent que la dose testée réduit de manière significative ces paramètres expérimentés aux différents âges éprouvés (0, 2, 4 et 6 jours) du cycle gonadotrophique comparativement aux témoins. Ces résultats indiquent donc que le bicarbonate de soude semble altérer l'ovogénèse chez ce fléau.

**Mots clés :** Blattes, *Blattella germanica*, bicarbonate de sodium, pesticide, inorganique insecticide, reproduction, ovogénèse, paramètres morphométriques et ovocyte.

## Summary

Sodium bicarbonate, alimentary additive is an inorganic compound has been tested by ingestion at lethal dose (LD50) 800 mg/insect to newly emerged adult's females of *Blattella germanica*. L (Dictyoptera: Blattellidae). This species is characterized by a high reproductive potential, resistance to extreme conditions and its medical interest, because it is often the source of several infectious diseases. The toxicity of this compound was evaluated on the reproductive process on morphometric parameters of the ovary (number of oocyte per pair of ovaries, length, width and volume of the basal oocyte). Results obtained show that dose tested significantly reduces these parameters experienced at the different ages tested (0, 2, 4 and 6 days) of the gonadotrophic cycle as compared to controls. These results therefore indicate that baking soda appears to alter oogenesis in this plague.

**Key words:** Cockroaches, *Blattella germanica*, Sodium bicarbonate, pesticide, inorganic insecticide, reproduction, oogenesis, morphometric parameters and oocyte.

## ملخص

بيكربونات الصوديوم هو مركب غير عضوي يضاف للغذاء، تم اختباره عند إناث الحشرة البالغة من الصراصير. (*Blattella germanica*. L (Dictyoptera: Blattellidae). طريق البلع باستعمال الجرعة المميتة (DL50) = 800مليغرام/للحشرة. الصراصير الألمانية 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.

تم تقدير سمية هذا المركب على عملية التكاث وذلك بتحديد آثاره على بعض مؤشرات المبايض (عدد البويضات لكل زوج من المبايض، طول وعرض وحجم البويضة القاعدية). تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن الجرعة التي تم اختبارها تخفض معنويا بشكل كبير من هذه المؤشرات عند الحشرات البالغ متفاوتة الاعمار (0، 2، 4، 6 أيام) من الدورة التناسلية مقارنة بالشاهد. أبدت هذه النتائج نشاطا ابادي قوي لبيكربونات الصوديوم ضد هذا النوع من الحشرات بتأثيرها في عملية إنشاء البويضات.

الكلمات المفتاحية: الصراصير، *Blattella germanica*، بيكربونات الصوديوم، مييد، مبيدات حشرية غير عضوية، البويضات، التكاث.

**Ahsan, M. A., He, T., Eid, K., Abdullah, A. M., Curry, M. L., Du, A., & Noveron, J. C., 2021.** Tuning the intermolecular electron transfer of low-dimensional and metal-free BCN/C60 electrocatalysts via interfacial defects for efficient hydrogen and oxygen electrochemistry. *Journal of the American Chemical Society*, 143(2), 1203-1215.

**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.

**Aribi N., Denis B., Kilani-Morakchi S., Joly D., 2020.** L'azadirachtine, un pesticide naturel aux effets multiples, *médecine/sciences*, 36 : 44-9.

**Arruda L.K., Ferriani P.L.V., Vailes L.D., Pomés A., Chapman M.D., 2001.** "Cockroach Allergens: Environmental Distribution and Relationship to Disease." *Cure. Allergy Asthma Rep.* (1): 466–73.

**Attardo G., Hansen I., Raikhel., 2005.** A Nutritional regulation of vitellogenesis in mosquitoes: implications for autogeny. *Insect Biochem Molec.* 35.

**Batimsoga, B. B., Ayssiwede, S. B., Talaki, E., Dao, B. B., Lombo, Y., & Kpemoua, K. E., 2021.** Valeur nutritive et effets de l'incorporation de la farine de termites (*Macrotermes* sp.) dans l'aliment sur les performances de croissance des poussins locaux au Togo. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 8(2).

**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, 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, 250–259.

**Beccaloni G.W., 2014.** Cockroach Species. Available *In Site* web ; <http://Cockroach.SpeciesFile.org> consulté le 15/06/2021.

**Beenakers A. M. T. H., Vander Host D.G.,1985.** Van Marrewijk W. J. A., Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological process. Prog. Lipid. Res. 24.

**Beldjoud, N., & Ghabbane, F.,2020.** L'impact du traitement écologique à base du bicarbonate de sodium sur les propriétés des fibre végétales thèse doctorat, Univ, Msila, Algérie. 100 pp.

**Bell M. R., 2014.** Endocrine-disrupting actions of PCBs on brain development and social and reproductive behaviors. Curr Opin Pharmacol, 19 :134–144.

**Bellés, X., & MAESTRO, J. L.,2005.** Endocrine peptides and insect reproduction. Invertebrate reproduction & development, 47(1), 23-37.

**Boina D.R.Rogers M.E.,Wang N., Stelinski L.L.,2010.**Effect of pyriproxyfen , a juvenile hormone mimic , on egg hatch , nymph development , adult emergence and reproduction of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama .Pest.Manag Sc.66(4),349-357.

**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). Neotrop Entomol 49(2), 275•283.

**Borozan-Dorey V., 2002.** Le savoir-vivre des blattes : blatte is beautiful. La Recherche, L'actualité des sciences. Recherche (paris, 1970), 64•66.

**Boudeguig S, & Gouaidia B., 2020.** Evaluation de l'activité insecticide de *Ricinus communis* chez un insecte à intérêt médical *Blattella germanica*. Thèse de mémoire en biologie moléculaire et cellulaire. Faculté des sciences de la nature et de vie et sciences de la terre et de l'univers, Département de Biologie. Université de 8 Mai 1945 Guelma, Algérie,99pp.

**Breton, C., 2002.** Carbonate de sodium–Procédé Solvay à l'ammoniac. Techniques de l'ingénieur.

**Carlson J., Afanasiev B., Suchman E., 2000.** Densonucleosis Viruses as Transducing Vectors for Insects. In Insect Transgenesis: Methods and Applications, pp. 139-159. Edited by A. M. Handler; A. A. James. New York: CRC Press.

- Casida J.E., 2017.** Pesticide interactions: mechanisms, benefits, and risks. *Journal of agricultural and food chemistry* 65 (23), 4553-4561.
- Casida J.E., Durkin K.A., 2013.** Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 99–117.
- Cassier-Chauvat, C., Poncelet, M., & Chauvat, F.,1997.** Three insertion sequences from the cyanobacterium *Synechocystis* PCC6803 support the occurrence of horizontal DNA transfer among bacteria. *Gene*, 195(2), 257-266.
- Castillo R.M., Stashenko E., Duque J.E., 2017.** Insecticidal and Repellent Activity of Several Plant-Derived Essential Oils Against *Aedes aegypti*. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 33, 25-35.
- 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*, 1–10.
- Chopard L., 1951.** Orthoptéroïdes. *Faune de France* 56. Office central de faunistique. 358 p.
- Claire, L.,2019.** Santé. *Journal des femmes.* fr. Available *In Site* web ; [http:// www.un-jardinbio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/](http://www.un-jardinbio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/) consulté le 17/06/2021.
- Cochran D. G., 1979.** A genetic determination of insemination frequency and sperm precedence in the German cockroach. *Entomol. Exp. Appl.* 26:259-266.
- Colombani J., Andersson D S., Leopold P., 2012.** Secreted peptide Dilp 8 coordinates *Drosophila* tissue growth with development timing. *Sci.*, 336.
- 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., 1976.** The cockroach, Vol. II. Insecticides and cockroach control. Associated Business Programme's. St Martin's Press, New York. 140p.
- Cornwell P.B., 1968.** The cockroach, A laboratory insect and an industrial pest. London, Hutchinson, 1: 116.

**Crosby, D.G.,1966.** Natural pest control agents. In Gould, R.F. (Ed.). Natural Pest Control Agents. Adv. Chem. Ser. 53, p. 1-16.

**Debeaux, G. 2021.**Le livre décomposé. Sens public, (SP1486).

**Delanoue, R., Slaidina, M., & Léopold, P.,2010.** The steroid hormone ecdysone controls systemic growth by repressing dMyc function in Drosophila fat cells. *Developmental cell*, 18(6), 1012-1021.

**Denis, G., 2016.** Insecticide-naturelle-maison-diy-respect-environement. Positivr.fr/. Available In: Site web; <http://www.un-jardin-bio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/> consulté le 20/05/2021.

**Deutsch, A., & Swartz, S., 2021.** Lutte contre les insectes nuisibles.

**Devries Z. C., R. G., Santangelo J., Crissman A., Suazo M. L., Kakumanu., Schal C., 2019.** Pervasive resistance to pyrethroids in German cockroaches (Blattodea: Ectobiidae) related to lack of efficacy of total release foggers. *J. Econ. Entomol.* 112: 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. Insects*, Elsevier Pergamon, Oxford, UK, 6, 55-115.

**Dowds B.C.A., & Peters A., 2002.** “Virulence mechanism,” in R. Gaugler (ed) *Entomopathogenic Nematodes*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 99-114.

**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. *Med. Vet. Entomol.* 14, 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. *QUEA SCIENCE*, 37, 12-14.

**Evangelista, D., Simon, S., Wilson, M. M., Kawahara, A. Y., Kohli, M. K., Ware, J. L., ... & Legendre, F.,2021.** Assessing support for Blaberoidea phylogeny suggests optimal locus quality. *Systematic Entomology*, 46(1), 157-171.

**Fabre, R., Truhaut, R., & Viel, G.,1954.** Considérations générales sur la toxicologie des produits phytopharmaceutiques (pesticides), 5, 177-198.

**Fort, D. J., Stover, E. L., Bantle, J. A., Dumont, J. N., & Finch, R. A.,2000.** 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.

**Frédéric, K. E. C. K., 2021.** Surveiller les animaux, préparer les humains.

**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.

**Gäde, G., & Hoffmann, K. H.,2005.** Neuropeptides regulating development and reproduction in insects. *Physiological Entomology*, 30(2), 103-121.

**Gahéry, Y., 2021.** Les Arthropodes et l'intelligence des Insectes sociaux. In *L'histoire du cerveau* (pp. 179-212). EDP Sciences.

**Gail, A.,2006.** How to Remove Odors from Books [archive] : Comment faire pour supprimer les odeurs de livres, sur Book Think. P 260.

**Garfield E., 1990.** The cockroach connection. Ancient, seemingly indestructible Pest. Part 2. Population control. *Current comments.*, 46 : 5-13.

**Gaudin O., 1937.** Recherches sur l'Action Physiologique des Pyrethrine. VigotFeres (1937).

**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.

- GHERMOUL, ABDELOUADOUD, FADLIA, AHMED &, SIGA MOUSSA MOROU ABDOUL-NASSER.,2020.** Evaluation de l'activité insecticide de bicarbonate de sodium (NaHCO<sub>3</sub>) chez un insecte à intérêt médical *Blattella germanica* (L.). Thèse de mémoire en biologie moléculaire et cellulaire. Faculté des sciences de la nature et de vie et sciences de la terre et de l'univers, Département de Biologie. Université de 8 Mai 1945 Guelma, Algérie,99pp.
- Gilbert L I., Granger N A., & Roe R M.,2000.** The juvenile hormones: historical facts and speculations on future research directions. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 30.
- Gilbert L I., Rybezynski R, Warren G T.,2002.** Control and bio-chemical nature of the ecdysteroidogenic pathway. *Annu. Revu. Entomol.* 47,883-916.
- Gilles., 2017.** Le bicarbonate de soude au jardin. Available *In Site* web ; [https:// www.un-jardinbio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/](https://www.un-jardinbio.com/le-bicarbonate-de-soude-au-jardin/) consulté le 17/06/2021.
- Gilman, A.G., Goodman, L.S., Gilman, A.,1980.** *The Pharmacological Basis of Therapeutics.*  
6e 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.
- Glitho, I., Delbecque, J. P., & Delachambre, J.,1979.** Prothoracic gland involution related to moulting hormone levels during the metamorphosis of *Tenebrio molitor* L. *Journal of Insect Physiology*, 25(2), 187-191.
- Gordon D. G., 1996.** *The complete cockroach: a comprehensive guide to the most despised and Least Understood. Creature on Earth. Ten speed pressm Berkely. Springer Science & Business* 178 p.
- Gordon, H. T.,1968.** Intake rates of various solid carbohydrates by male German cockroaches. *Journal of Insect Physiology*, 14(1), 41-52.
- Grandcolas P., 1996.** The phylogeny of cockroach. Families a cladistic appraisal of morphoanatomical data. *Canadian journal of Zoology*, 74: 508-52.

**Grandcolas P., 1998.** The evolutionary interplay of social behaviour, resource use and antipredator behavior in Zetoborinae, Blaberinae, Gyninae and Diplopterinae cockroaches: a phylogenetic analysis. *Cladistics*, 14 : 117-127.

**Greathead D.J., Kooyman C., Launois-Luong M.H., Popov G.B., 1994.** Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ministère des Affaires étrangères des Pays-Bas et CIRADGERDATPRIFAS.

**Guéguen, J. C., 2021.** Biodiversité et évolution du monde animal. In Biodiversité et évolution du monde animal. EDP Sciences.

**Guillaumin, M., Renoux, J., & Stockman R., 1969.** La blatte : *Blabera fusca* Br. Edition Doin

1. Paris. Vol I : p. 67.

**Gutierrez A.C., Golebiowski M., Pennisi M., Peterson G., Garcia 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 *Metarhiziumanisopliae* (Ascomycota, Hypocreales). *J. Econ. Entomol.* 108, 752-760.

**Gwokyayla, R., & Altuntas, H., 2019.** Effects of force-fed boric acid on the life history traits of greater wax moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Biologica Turcica*, 32(4), 236-241.

**Habbachi W., 2013.** Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides. Thèse Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba, Algérie. 185 p.

**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. *Med Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 66/2a.

**Habes D., Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J.P., Soltani N., 2006.** Boric acid toxicity of the German cockroach, *Blattella germanica*: Alterations in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activity. *Pestic. Biochem. Physiol.* 84, 17-24.

- Hamilton A, J., Wada-Katsumata, A., Ko, A., & Schal, C.,2021.** Effects of nouvaluron ingestion and topical application on German cockroach (*Blattella germanica*) development and reproduction. *Pest Management Science*,77(2),877-885.
- 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 La., Mahamane S., Pittendrigh B., 2019.** Essai comparatif de l'utilisation des extraits du Neem et du virus entomopathogène MaviNPV dans la gestion des insectes ravageurs du niébé en milieu paysan au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(2): 950-961.
- Hasch J.J., Zumofen M., 1999.** Notions d'hygiène hospitalière. 210 pp. ça. 695 pp.
- 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. lett.* 27(51), 6189-6192.
- Hoffmann, K. H., 2018.** Oogenesis and the female reproductive system. In *Insect reproduction* (pp. 1-32). CRC Press.
- HOU., Weiyuan, XIN., Juanjuan, et LU, Hui.,2021.** Resistance development characteristics of reared German cockroach (Blattodea: Blattellidae) to chlorpyrifos. *Scientific Reports*, 2021, vol. 11, no 1, p. 1-6.
- Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G., 2008.** Chapter 22: d-block metal chemistry in: the first row elements. *Inorganic Chemistry*.
- Hutchinson, R.,1999.** *Insectes.* (Hons). D. P. LSH & TM. M. Sc.126 P.

**Indriani, S., Nalinanon, S., & Karnjanapratum, S.,2021.** Impact of hexane defatting on characteristics of *Patanga succincta* L. powder and its application on nutritional improvement of biscuit stick. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(2), 215-232. **Jacobs S., 2013.** German cockroaches. The Pennsylvania State University.

**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. *Arch. Virol.* 152, 383-394.

**Jennifer, H., 2019.** Bicarbonate de soude, Available In: Site web; [https:// www. linternaute.fr /bricolage/guide-de-maison-et-jardin/](https://www.linternaute.fr/bricolage/guide-de-maison-et-jardin/) consulté le 20/06/2021.

**Kakeh-Khani, A., Nazari, M., & Nasirian, H.,2020.** Insecticide resistance studies on German cockroach (*Blattella germanica*) strains to malathion, propoxur and lambdacyhalothrin. *Chulalongkorn Med J*, 64, 357-365.

**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. *J. ArthropodBorneDis.*12, 16-23.

**Kawada, H.,1988.** An insect growth regulator against cockroaches. *Sumitomo Pyrethroid World*, 11, 2-4.

**Kaya H.K., Gaugler R., 1993.**Entomopathogenic nematodes. *Annual review of entomology* 38 (1), 181- 206.

**Kilani-Morakchi, S., Aribi, N., & Soltani, N.,2009.** Activity of boric acid on German cockroaches: Analysis of residues and effects on reproduction. *African Journal of Biotechnology*, 8(4).

**Kilani-Morakchi, S., Aribi, N., Farine, J. P., Smaghe, G., & Soltani, N.,2009.**

Halofenozide affects sexual behavior, cuticular hydrocarbons and reproduction in the female German cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Belg. J. Zool*, 139(2), 147-

155. German cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Belg. J. Zool*, 139(2), 147-155.

**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.

**Kissoum, N., Bensafi-Gheraibia, H., Hamida, Z. C., & Soltani, N., 2020.** Evaluation of the pesticide Oberon on a model organism *Drosophila melanogaster* via topical toxicity test on biochemical and reproductive parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 228, 108666.

**Koehlen P.G. & Patterson R.S., 1987.** The Asian roach invasion. *Natural History*, 96 (11): 28-35.

**Lambreas, C. L., Galante, F., & Mena, L., 1991.** Ovarian condition as an indicator of the phenology of *Bubas bubas* (Coleoptera: Scarabeidae). *Ann. Entomol. Soc. Am*, 84(2), 190-194.

**Lamp, J. H., 1946.** Sodium bicarbonate: an excellent deodorant. *Journal of Investigative Dermatology*, 7(3), 131-133.

**Lepage, C., 2021.** Près de chez vous. In *Explorations en terre animale* (pp. 46-80). EDP Sciences.

**Li C., Kapitskaya M Z., Zhu J., Miura K., Sergraves W., Raikhel A S., 2000.** Conserved molecular mechanism for stage specificity of the mosquito vitellogenic response to ecdysone. *Dev. Biol.* 224:96-110.

**Liao, Q., & Lam, J. K., 2021.** Inhaled antifungal agents for the treatment and prophylaxis of pulmonary mycoses. *Current Pharmaceutical Design*.

**Lietti m.M.M., Botto E., Alzogaray R.A., 2005.** Insecticide resistance in Argentine populations of *Tutaa bsoluta* (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, *Nilaparvatalugens* (Stål) (Hemiptera:Delphacidae). *Pestic. Biochem. Physiol.*152, 90-97.
- Linnaeus C.V., 1767.** System nature Systema Naturae per Regna Tria Naturæ, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Editio Duodecima, Reformata. Impensis Direct. ed.12, vol 02, Pt. 2, Salvii, Holmiae, Sweden. pp. 5331327. L.
- Linné C.V., Engel-Ledeboer M.S.J., Engel H., 1735.** Systema Naturae, Genus Homo 1, 1964.
- Little E.L., Woodbury R.O., Wadsworth, F.H., 1974.** Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agriculture Handbook. 449. U.S. Depart. Agricul. Forest. Serv. Washington, DC. 2.
- 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* (Blattodeae: Blattellidae). *J. Med. Entomol.* 52, 86-92.
- Lochard, H., Sauceau, M., & Fages, J.,2003, June.** Etude préliminaire de l'utilisation de dioxyde de carbone supercritique pour la mise en forme de composés minéraux : application au bicarbonate de soude. In Colloque de la poudre au matériau massif SF2M-GFC-Commission poudres et matériaux frittés Journées annuelles du RFM (pp. p-62). EMAC.
- Lyon W. F., 1997.** German cockroach. Ohio State University Extension Fact Sheet Entomol.
- Maestro, O., Cruz, J., Pascual, N., Martín, D., & Bellés, X.,2005.** Differential expression of two RXR/ultraspiracle isoforms during the life cycle of the hemimetabolous insect *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae). *Molecular and cellular endocrinology*, 238(1-2), 27-37.
- 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 sousdirection 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., Aribi N., Smagghe G., Kilani-Morakchi S., Bendjedid M., Soltani N., 2013.** Sublethal effects on reproduction and biomarkers by spinosad and indoxacarb in cockroaches *Blattella germanica*. *Bull. Insectol*, 66(1), 11-20.
- Maiza A., Rehamnia F., Bensbaa F., Kilani-Morakchi S. et Aribi N., 2011.** Activité d'un biopesticide, le spinosad chez *Blattella germanica* : effets sur divers biomarqueurs (LDH).
- Maiza, A., Kilani-Morakchi, S., Farine, J. P., Smagghe, G., Aribi, N., & Soltani, N.,2004.** Reproductive effects in german cockroach by ecdysteroid agonist RH-0345, juvenile hormone analogue methoprene and carbamate benfuracarb. *Commun. Appl. Biol. Sci. Ghent Uni*, 69, 257-266.
- 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., 2015.** Evolution of the indoor biome. *Trends Ecol Evol* 30(4):223–232.
- Mary O., Amdur., 2000.** The basic Science of poisons. Casarett and Doull's toxicology. History of Agriculture. PergamonPressInc.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.
- Millakhimov, A. E., Ayach, T., Barbaryan, A., Talari, G., Chadha, R., & Gray, A., 2019.** The role of sodium bicarbonate in the management of some toxic ingestions. *International journal of nephrology*, p. 2017.
- Mirth, C.K., Shingleton, A.W.,2012.** Integrating body and organ size in *Drosophila*: recent advances and outstanding problems. *Moncada, S., Palmer, R. M. & Higgs, E. A. (1991)*.
- 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. Biol.* 120, 655-665.

**Monteiro, M. C. M., Mendes, M. M., de Faria Jorge, L. M., & Vianna, É.,2021.** *Desenvolvimento de periplaneta australasaie fabricius (blattodea blattidae) em temperatura constante de EM 30° CE EM temperatura ambiente de laboratorio.* Arquivos do Instituto Biológico, 77, 701-706.

**Morakchi S., Maïza A., Farine J. P., Aribi, N., Soltani N., 2005.** Effects of a neonicotinoid insecticide (acetamiprid) on acetylcholinesterase activity and cuticular. hydrocarbons profil in German cockroaches. Commun. Agric. Appl. Biol. Sci, 70(4), 843-8.

**MORAKCHI, S., Aribi, N., Farine, J. P., & Soltani, N.,2010.** Analyse des hydrocarbures cuticulaires chez *Blattella germanica* : Effets de divers groupes de pesticides. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat, 47, 141-145.

**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, France. 101 pp.

**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*. J. Gen. Virol. 87, 1567-1575.

**Mullins J. F., Kirk J.M., Shapiro E.M., 1955.** Chloroquine treatment of lupus erythematosus. SouthernSouthern medical journal, 48 (7), 732.

**Namous., 2016.** Pubchem, Sodium carbonate, archive sur: *Pub. Chem. Ncbi. Nlm. Nih. Gov* (consulté le 18 février 2019).

**Nasirian H., Salehzadeh A., 2019.** Control of cockroaches (Blattaria) in sewers: a practical approach systematic review. J. Med. Entomol. 56:181–191.

**Nichols, Gail.,2006.:** Soda, Clay, and Fire, American Society, Cleveland.

**Nicolas Palangié., 2015.** Le bicarbonate un allié contre les organismes nuisibles mise au point réglementaire. *In* : site, <https://www.monobicarbonat.fr/> source, Edition.

**Nicolas., 2010.** Bicarbonate : un concentré d'astuces, eyrolles, Edition.

**Nicolas., 2014.** Bicarbonate : un concentré d'astuces, eyrolles. Edition.

**Nicolas.,2018.** Available *In*: Site web; [www.monobicarbonat.fr/author/](http://www.monobicarbonat.fr/author/)consulté,23/06/2021.

**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-bicarbonatede-soude-allergies-lit-matelas/>\_consulté le 20/05/2021.

**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*. *Eur. J. Biochem.* 271, 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*. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 3404-3411.

**Niwa, R., Namiki, T., Ito, K., Shimada-Niwa, Y., Kiuchi, M., Kawaoka, S., & Shinoda, T.,2010.** Non-molting glossy/shroud encodes a short-chain dehydrogenase/reductase that functions in the Black Box of the ecdysteroid biosynthesis pathway. *Development*, 137(12), 1991-1999.

**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: 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.

**Ou Q., Magico A., King-Jones K., 2011.**Nuclear receptor DHR4 controls the timing of steroid hormones pulses during *Drosophila* development.

- 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. *J. Econ. Entomol.* 92, 340-346.
- Pan V.A., Schmolz E., Krücken J., Kuhn C., 2020.** efficacy of insecticides against bed bugs doi:10.1093/jee/toz123.
- Pan, X. Y., & Zhang, F.,2020.** Advances in biological control of the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Biological Control*, 142, 104104.
- Pauline Petit.,2017.** Available *In Site* web ; [https:// www.consoglobe.com/bicarbonate-soude astuces-écologique-jardin/](https://www.consoglobe.com/bicarbonate-soude-astuces-écologique-jardin/) consulté, 21/6/2021.
- Perrin, R., & Scharff, J. P.,1997.** Industrial chemistry; Chimie industrielle.
- Petryk, A., Warren, J. T., Marqués, G., Jarcho, M. P., Gilbert, L. I., Kahler, J., & O'Connor, M. B., 2003.** Shade is the *Drosophila* P450 enzyme that mediates the hydroxylation of ecdysone to the steroid insect molting hormone 20-hydroxyecdysone. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(24), 13773-13778.
- Pierard, G.,2003.** La guerre et la médecine d'une culture de paix. 3-Synopsis des armes chimiques. *FALCO*, 14-18.
- POMÉS, Anna., SCHULTEN., Véronique., GLESNER., Jill, et al. IgE and T Cell., 2021.** Reactivity to a Comprehensive Panel of Cockroach Allergens in Relation to Disease. *Frontiers in immunology*, 2021, vol. 11, p. 3816.
- Raabe, M.,1984.** Insect Neurohormones. *African Zoology*, 19(1), 62-62.
- Raikhel, A. S., & Dhadialla, T. S.,1992.** Accumulation of yolk proteins in insect oocytes. *Annual review of entomology*, 37(1), 217-251.
- Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., Vincent C., 2005.** Biopesticides of Plant Origin. *Biopesticides of Plant Origin*.
- Rehn J.A.G., 1945.** Man's uninvited fellow - traveller - the cockroach. *Scientific Monthly*. 61:265-276.

**Rewitz, K. F., Yamanaka, N., & O'Connor, M. B.,2013.** Developmental checkpoints and feedback circuits time insect maturation. *Current topics in developmental biology*, 103, 1-33.

**Riddiford L.M.,2011.** Molecular aspects of juvenile hormone action in insect. Riddiford L. M., When is weight critical. *Experim. Biol*,214.

**Riddiford, L. M., Truman, J. W., Mirth, C. K., & Shen, Y. C.,2010.** A role for juvenile hormone in the prepupal development of *Drosophila melanogaster*. *Development*, 137(7), 1117-1126.

**Rideout E. J., Marshall L., Gewal S. S., 2012.** *Drosophila* RNA polymerase III repressor MafI controls body size and developmental timing by modulating trnaimet synthesis and systemics insulin signling. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A*, 109(4).

**Robker R L., Akison L K., Bennett B D., Thrupp P N., Chura L R., Russell D L., Lane M., Norman R J.,2009.** Obse women exhibit differences in ovarien metabolites, hormones, and gene expression compared with moderate-weight women. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 94(5).

**Roma, G. C., Bueno, O. C. & Camargo-Mathias, M. I.,2010.** Morpho-physiological analysis of the insect fat body: A review Gillott, C., *Entomology*. Plenum Press, New York. 41.

**Roth L.M., Willis E.R., 1957.** The medical and veterinary importance of cokroaches. *Smithson Mise Collect.*, 134, 1-147.

**Roth M. L., 2003.** “Systematics and Phylogeny of Cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Orient. Insect.* 37: 1–186.

**Roth, L. M.,1970.** Evolution and taxonomic significance of reproduction in Blattaria. *Annual Review of Entomology*, 15(1), 75-96.

**Rust M. K., Owens J. M. & Reiersen D. A., 1995.** Understanding and Controlling the German Cocroache. New York Oxford. Oxford University Press., 265p.

**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.

- Samuel, M., Brooke, B. D., & Oliver, S. V., 2020.** Effects of inorganic fertilizer on larval development, adult longevity and insecticide susceptibility in the malaria vector *Anopheles arabiensis* (Diptera: Culicidae). *Pest management science*, 76(4), 1560-1568...
- Sawczyn T., Dolezych B., Klosok M., Augustyniak M., Stygar D., Buldak R. J., Kuklaa M., Michalczyk K., Karcz-Sochaa I., Zwirska-Korczala K., 2012.** Alteration of carbohydrates metabolism and midgut glucose absorption in *Gromphadorhina portentosa* after subchronic exposure to imidacloprid and fenitrothion. *J. Envir. Sc. Heal, Part A*, 47(11), 1644-1651.
- Sarah, D., 2019.** Available *In*: Site web; <https://www.maisonbrico.com/> consulté, 22/06/2021.
- Schal C., Gautier J.Y. et Bell W.J., 1984.** Behavioral ecology of cockroaches. *Biol*, 59: 209-254.
- Schrader H.S., 1948.** Cytology of Coccids (Soccoidea-Homoptera). *Advan. Genet.* 2:12.
- Sharma., Khan T., Absar, M., 2012.** Toxic effect of neem (*Azadirachta indica*) extracts against the eggs and adults of *Dysdercus koenigii* (Fabricius).
- Strong C. A., Koehler P. G & Patterson R. S., 2000.** Oral toxicity and repellency of borates to German cockroach (Diptoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol*, 86 (5): 1458-1463.
- Suarez-Fontes, A. M., Almeida-Silva, J., dos Santos Silva, S. C., de Souza, L. S. A., de Souza, D. B., de Araújo Lima, C. S. F., & Vannier-Santos, M. A., 2021.** Microbe/Bug-Busters Visit the Interactive House: An Itinerant Scenographic Device for Health Education. *Open Journal of Animal Sciences*, 11(2), 333-353.
- Suinga F. A., Casali V. W. D., Picanço M., Foster J., 2004.** Genetic divergence among tomato leafminer population based on AFLP analysis. *pesq. Agropec, Brasilia*, V. 39, n.7, P. 645-651.
- Sutton-McDwall M L., Gilchrist R., Thompson J G., 2010.** The pivotal role of glucose metabolism in determining oocyte developmental competence. *Reprod.*, 139(4).
- Tanaka A., 1976.** Stages in the embryonic development of the German cockroach. *Blattella germanica* (L.) (Diptoptera: Blattellidae). *Kontyu (Tokyo)*, 44, 512-225.

- Tang Q., Bourguignon T., Bourguignon Y., Willenmse L., De Coninck E., Evans T., 2018.** Global spread of the German cockroach, *Blattella germanica*. *BiolInvasions*.
- Tichafogwe, T. R., & Etchi, A. A. F.,2020.** Indiscriminate Waste Disposal and Health Hazards in Mamfe, Cameroon. *Urban and Regional Planning*, 5(1), 25.
- Tine, S., Aribi, N., & Soltani, N.,2011.** Laboratory evaluation of azadirachtin against the oriental cockroach, *Blatta orientalis* L. (Dictyoptera, Blattellidae): Insecticidal activity and reproductive effects. *African Journal of Biotechnology*, 10(85), 19816-19824.
- Tokro G., 1984.** Les phéromones sexuelles chez *Blattella germanica* L (Insecte, Dictyoptère). Secrétion d'une pheromone sexuelle volatile par le pygidium des femelles. Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne – Dijon (France). 54 pp.
- Tremblay, V.,2019.** Évaluation de différents extraits végétaux et sels organiques et inorganiques pour lutter contre la tache bactérienne de la laitue.
- Valkenbur g C., Kashmour Y., Dao A., wajden GA (Fridus) V der., Slot DE.,2019.** The efficacy of baking soda dentifrice in controlling plaque and gingivitis: A systematique review. *Int J Dent Hyg*;17(2):99-116.
- Verschoor-Kirss, M., Rozanski, E. A., Sharp, C. R., Oura, T. J., Egan, A., Bain, P., & Knoll, J., 2021.** Treatment of naturally occurring asthma with inhaled fluticasone or oral prednisolone: A randomized pilot trial. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 85(1), 61-67.
- Wang C., Wang S., 2017.** Insect pathogenic fungi: Genomics, molecular interactions, and genetic improvements. *Annu. Rev. Entomol.* 62, 73-90.
- Warren, J.T., Yerushalmi, Y., Shimell, M.J., O'Connor, M.B., Restifo, L.L., Gilbert, L.I.,2006.** Discrete pulses of molting hormone, 20-hydroxyecdysone, during late larval development of *Drosophila melanogaster*: correlations with changes in gene activity. *Dev. Dyn.* 235(2): 315--326.
- Wattiez C., Beys B., 1999.** Pas de pesticides à la maison solution sans danger pour le contrôle de bestioles indésirables. *Pest. Action Network (Pan)*. Belg. 12 pp.
- Widmark, A.K.,2010.** The late blight pathogen, *Phytophthora infestans* (Vol. 2010).

## References bibliographies

---

**Wiens, A.W., & Gilbert.,1968.** T Regulation of carbohydrate mobilization and utilisation in *leucophaco maderae*. J. Insect physiol.

**Wigglesworth V.B., 1972.** The principals of insect physiology. Seventh Edition. Chapman and Hall, London. 827 pp.

**Winteringham F. P. W., 1952.** Conference on insecticide resistance and insect physiology, p. 20. Publ. nut. Acad. Sci., Wash., no. 219.

**Yamanaka, N., Rewitz, K. F. & O Connor, M. B.,2013.** Ecdysone Control of Developmental Transitions: Lessons from Drosophila Research. Annu. Rev. Entomol. 58.

**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. J. Econ. Entomol 112 (3), 1396•1402.

**Yang, R., Zhang, M., Schal, C., Jiang, M., Cai, T., & Zhang, F.,2021.** Boric acid enhances *Metarhizium anisopliae* virulence in *Blattella germanica* (L.) by disrupting the gut and altering its microbial community. Biological Control, 152, 104430.

**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., De-Vizio, 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.

**Yeeles, P., Strain, A., Lenancker, P., & Lach, L., 2021.** Low reduction of invasive ant colony productivity with an insect growth regulator. Pest Management Science,77(4),1626-1632.

**Yoshiyama-Yanagawa, T., Enya, S., Shimada-Niwa, Y., Yaguchi, S., Haramoto, Y., Matsuya, T., & Niwa, R., 2011.** The conserved Rieske oxygenase DAF-36/Neverland is a novel cholesterol-metabolizing enzyme. Journal of Biological Chemistry, 286(29), 2575625762.

**Yu J., Wu J., Zhang Y., Guo L., Cong X., Du Y., Li J., Sun W., Shi J., Peng J., Yin F., Wang D., Zhao P., Wang J., 2012.** Concurrent highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection accelerates *Haemophilus parasuis* infection in conventional pigs. *Vet. Microbiol.* 158, 316-321.

**Zhou, J., Tse, G., Lee, S., Liu, T., Cao, Z., Zeng, D. D., & Zhang, Q., 2021.** Interaction effects between angiotensin-converting enzyme inhibitors or angiotensin receptor blockers and steroid or antiviral therapies in COVID-19: A population-based study. *Journal of medical virology.*

### Web graphie

<http://mon.univ-montp2.fr/index.php>, consulter le 20/06/2021.

[www.slideshare.net/chandiniamaan/reproductive-system-in-insects](http://www.slideshare.net/chandiniamaan/reproductive-system-in-insects), Consulté le 27/6/2021.

<https://www.persee.fr/doc/bsef>, consulté le 20/06/2021.

<https://www.persee.fr/doc/bsef>, consulté le 20/06/2021.

<https://www.greelane.com/baking-soda-chemical-formula-608474> ; consulté le 20/06/2021.

<https://www.greelane.com> , consulté le 20/06/2021.

<https://www.slideshare.net/chandiniamaan/reproductive-system-in-insects>, Consulté le 27/6/2021.

<https://www.google.com/search?q=bicarbonate&rlz> consulté 21/6/2021.

## Annexe : Données statistiques

**Tableau1 :** Effets de bicarbonate de soude (DL50), administré par ingestion, sur le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires chez les femelles adultes de *B. germanica* en fonction de l'âge : analyse de la variance à deux critères de classification.

Source	DDL	SC ajust	CM ajust	F <sub>obs</sub>	Valeur de p
Age	3	3151,13	1050,38	118,54	0,000
Traitements	1	480,50	480,50	54,23	0,000
Erreur	27	239,25	8,86		
Age*traitement	3	163,75	54,58	17,35	0,000
Total	31	3870,88			

**Tableau2 :** Effets de bicarbonate de soude (DL50), administré par ingestion, sur la longueur de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ), chez les femelles adultes de *B. germanica* en fonction de l'âge : analyse de la variance à deux critères de classification.

Source	DDL	SC ajust	CM ajust	F <sub>obs</sub>	Valeur de p
Age	3	124247	41416	1,55	0,024
Traitements	1	131072	131072	4,91	0,035
Erreur	27	721326	26716		
Age*traitement	3	697380	232460	232,98	0,000
Total	31	976646			

**Tableau 3 :** Effets de bicarbonate de soude (DL50), administré par ingestion, sur la largeur de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ), chez les femelles adultes de *B. germanica* en fonction de l'âge : analyse de la variance à deux critères de classification.

Source	DDL	SC ajust	CM ajust	Fobs	Valeur de p
Age	3	14592	4863,9	1,21	0,024
Traitements	1	48128	48127,5	12,01	0,002
Erreur	27	108173	4006,4		
Age*traitement	3	88976	29658,5	37,08	0,000
Total	31	170893			

**Tableau 4 :** Effets de bicarbonate de soude (DL50), administré par ingestion, sur le volume de l'ovocyte basal ( $\text{mm}^3$ ) chez les femelles adultes de *B. germanica* en fonction de l'âge : analyse de la variance à deux critères de classification.

Source	DDL	SC ajust	CM ajust	Fobsr	Valeur de p
Age	3	0,002002	0,000667	1,62	0,018
Traitements	1	0,001568	0,001568	3,81	0,041
Erreur	27	0,011109	0,000411		
Age*traitement	3	0,010169	0,003390	86,55	0,000
Total	31	0,014679			