



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**Chabbi Kaouther et Cherif Fathi**

Le : mardi 29 septembre 2020

## Thème

### L'étude de la flore résistante aux antibiotiques isolée à partir des cafards dans différents environnements

---

#### Jury :

M.	ZEROUAL SAMIR	MCB	Université de Biskra	Président
Mme.	Widad BOUGUENOUN	MCB	Université de Biskra	Rapportrice
Mme.	DJOUAMAA MANEL	MAA	Université de Biskra	Examinatrice

Année universitaire : 2019 - 2020

## *Remerciements*

*Merci a Dieu Le tout puissant qui nous a dotées de  
volonté*

*Nous remercions madame Widad Bouguenoun d'avoir  
accepté de  
diriger ce travail, pour sa patience et surtout ses  
judicieux conseils*

*Nous remercions aussi le chef de service de laboratoire  
de l'hôpital EL-*

*Hakim Saâdan Dr. Khlil et les Chefs des services  
de chirurgie pédiatrique et de cancer du sein, Ainsi que  
le chef de service de maternité de l'hôpital de Bachir ben nacer*

*Un grand merci a tous ce qui ont contribué de près ou de  
loin pour que ce projet soit possible.*



*Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*A mes chers parents, Pour leurs soutiens constants, leurs  
amours et leurs mots d'encouragement*

*qui m'ont permis de me rendre ici aujourd'hui*

*En ce jour votre fille espérée réaliser l'un de vos plus grands  
rêves et couronner vos années de sacrifice et d'espoir.*

*Que Dieu tout puissants vous garde et vous procure santé,  
bonheur et longue vie.*

*A mes sœurs Abir et Meriem et mes frères Ahmed Habib Allah  
et Mahdi*

*A toute ma famille*

*Qui m'a donné toute la force et l'espoir pour accomplir ce  
travail*

*A tous mes amis (es).*



*Kaouther*

*Dédicace*

*Je dédie ce travail  
A mes chers parents*

*Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie*

*A mes frères Islem et Zakaria*

*A mes sœurs Rania et Ikhlas*

*A tous ceux qui m'ont soutenu Abd El Fattah, Ali, Nadir,  
Houda, Hibet Allah, Aya, Asma, Djihen, Marwa, Sihem*

*A tous mes amis*

*Et a tous ce qui ont contribué de près ou de loin pour que ce  
projet soit possible.*



*Fathi*

## Sommaire

<b>Liste des Tableaux</b> .....	I
<b>Liste des Figures</b> .....	II
<b>Liste des abréviations</b> .....	III
<b>Introduction</b> .....	1
<b>Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1 : Les blattes et les bactéries</b>	
1.1. Les blattes.....	2
1.1.1. L’habitat.....	3
1.2. Bactéries associées aux cafards.....	3
1.3. Les infections acquises aux hôpitaux.....	4
1.4. Les principales bactéries pathogènes pour l’homme.....	4
1.5. Les blattes et la résistance bactérienne.....	5
<b>Chapitre 2 : les antibiotiques et l’antibiorésistance</b>	
2.1. Les antibiotiques et leurs modes d’action.....	6
2.1.1. Action au niveau de la paroi.....	7
2.1.2. Action sur la membrane plasmique.....	7
2.1.3. Action au niveau des processus cytoplasmiques.....	8
2.2. Antibiorésistance.....	8
2.2.1. Résistance naturelle.....	8
2.2.2. Résistance acquise.....	8
2.3. Mécanismes de résistance.....	8
2.3.1. Mécanismes enzymatiques.....	9
2.3.2. Mécanismes non-enzymatiques.....	9
A. Modification de la cible.....	9
B. Imperméabilité par la modification des porines.....	9
C. Mécanisme d’efflux.....	9
<b>Matériel et Méthodes</b>	
3.1. Partie 1 : Travail personnel.....	10
3.1.1. La zone d’échantillonnage.....	10
3.1.2. Collecte des échantillons.....	10
3.1.3. Préparation de la suspension bactérienne.....	10
3.1.3.1. À partir de la surface externe du cafard.....	10
3.1.3.2. À partir du tube digestif du cafard.....	10
3.1.4. Culture et identification des bactéries.....	11
3.1.4.1. Mise en culture.....	11
3.1.4.2. Purification.....	11
3.1.4.3. Examen macroscopique.....	11

3.1.4.4. Examen microscopique .....	11
3.1.4.5. Identification biochimique .....	12
3.2. Partie 2 : Analyse des articles .....	15
3.2.1. Sélection des données.....	15
3.2.2. La zone d'échantillonnage .....	15
3.2.3. Collecte d'échantillons.....	15
3.2.4. Préparation de la suspension bactérienne .....	15
3.2.4.1. À partir du tube digestive de cafard .....	15
3.2.4.2. À partir de la surface externe du cafard .....	17
3.2.5. Culture et identification des bactéries .....	18
3.2.5.1. Enrichissement .....	18
3.2.5.2. Mise en culture .....	18
3.2.5.3. Identification .....	20
3.2.6. Test de sensibilité aux antibiotiques.....	21
3.2.7. La recherche phénotypique des mécanismes de résistance aux antibiotiques .....	23

## **Résultats et Discussion**

4.1. Partie 1 : Travail personnel .....	24
4.1.1. Les isolats du tube digestif des blattes .....	24
4.1.1.1. L'examen macroscopique.....	24
4.1.1.2. Examen microscopique .....	25
4.2. Partie 2 : Analyse des articles .....	27
4.2.1. Les bactéries portées par les blattes .....	27
4.2.2. La résistance des bactéries isolées aux antibiotiques .....	30
4.2.3. Les mécanismes phénotypiques de la résistance aux antibiotiques .....	33

<b>Conclusion</b> .....	33
-------------------------	----

<b>Bibliographie</b> .....	34
----------------------------	----

## **Annexes**

### **Résumés**

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1.</b> Classification des principales bactéries pathogènes chez l'homme .....	4
<b>Tableau 2.</b> Classes des antibiotiques les plus utilisées chez l'homme.....	6
<b>Tableau 3.</b> la galerie biochimique classique. ....	12
<b>Tableau 4.</b> Les milieux d'enrichissement.....	18
<b>Tableau 5.</b> Les milieux de culture utilisés.....	19
<b>Tableau 6.</b> Les antibiotiques utilisés pour déterminer le profil de sensibilité des souches bactériennes.....	21
<b>Tableau 7.</b> L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir de la gélose nutritive.....	24
<b>Tableau 8.</b> L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir de la gélose au sang. ....	24
<b>Tableau 9.</b> L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir du Mac Conkey.....	24
<b>Tableau 10.</b> L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir de milieu Chapman.....	25
<b>Tableau 11.</b> L'aspect microscopique des souches purifiées à partir de la gélose nutritive. ....	25
<b>Tableau 12.</b> L'aspect microscopique des souches purifiées à partir de la gélose au sang.....	25
<b>Tableau 13.</b> L'aspect microscopique des souches purifiées à partir du Mac Conkey. ....	26
<b>Tableau 14.</b> L'aspect microscopique des souches purifiées à partir de milieu Chapman. ....	26
<b>Tableau 15.</b> Les isolats bactériens identifiés à partir des cafards.....	28

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b> Vue latérale d'un cafard ( <i>Blattella germanica</i> ) .....	2
<b>Figure 2.</b> Cibles d'antibiotiques .....	7
<b>Figure 3.</b> Mécanismes de résistance .....	8

## Liste des abréviations

**ADN** : Acide Désoxyribonucléique

**ARN** : Acide Ribonucléique

**ARNt** : Acide ribonucléique de transfert

**BCC** : Bouillon cœur-cervelle

**BLSE** : Béta-lactamase à spectre étendu

**BUG**: Biolog Universal Growth

**CMI**: Concentration Minimal Inhibitrice

**DCA**: Desoxycholate Citrate Agar

**EMB**: Eosin Methylene Blue

**EPT** : Eau Peptonée Tamponnée

**GN** : Gélose Nutritif

**H<sub>2</sub>S** : Hydrogène Sulfuré

**KIA** : Kligler Iron Agar

**LDC** : Lysine décarboxylase

**LIA**: Lysine Iron Agar

**MAC**: Mac Conkey

**MBL**: Metallo- $\beta$ -Lactamase

**MCNPT**: Modified Carba NP Test

**MHT**: Modified Hodge Test

**MSA**: Mannitole Salt Agar

**MYP** : Mannitol Jaune d'oeuf Polymyxine

**OMS** : Organisation mondiale de la Santé

**PABA**: Para-Aminobenzoic Acide

**PBS**: Phosphate buffered saline

**PCR** : Polymerase chain reaction

**RM** : Rouge De Méthyle

**RV** : Rappaport Vassiladis

**SARM** : *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline

**TSI** : Triple Sugar Iron

**UFC** : Unité Formant Colonie

**VP** : Voges Proskauer

**XLD** : Xylose Lysine Désoxycholat

---

# Introduction

---

## Introduction

Les insectes sont l'un des groupes d'organismes les plus diversifiés de la planète, avec des comportements variés et 3 niches écologiques. Sur les 4 000 espèces connues de blattes, une douzaine peut être considérée comme des ravageurs synanthropes. (Mehainaoui *et al.*, 2020)

Il existe deux espèces de blattes qui infestent couramment les environnements domestiques, industriels et résidentiels, ce sont les blattes allemandes (*Blattella germanica*) et le cafard américain (*Periplanets americana*), *Blattella germanica* sont plus répandus à l'intérieur de la maison, tandis que *Periplanets americana* sont communs autour de la maison et associés aux systèmes de drainage et aux conduites d'eau. Les deux peuvent se diffuser à travers le système d'égouts, en particulier dans les lieux publics tels que les hôpitaux. (Abdolmaleki *et al.*, 2019)

Une étude menée dans un hôpital en Suisse a dénombré une trentaine de cafards en une seule journée, retrouvés cachés dans des masques à oxygène dans l'unité de soins intensifs. (Uçkay *et al.*, 2009) Ils ne sont pas directement exposés aux antibiotiques, mais en raison de leurs habitudes alimentaires et de leurs dépôts aveugles de leurs excréments, ils peuvent acquérir des bactéries résistantes par des contacts fréquents avec les industries de l'alimentation humaine, alimentaire ou animale. (Zurek *et al.*, 2014)

En effet, des cafards collectés dans les hôpitaux et les ménages hébergent des bactéries multirésistantes (BMR) telles que *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* et de nombreuses autres. (Naher *et al.*, 2018)

Récemment, il y a eu une pléthore d'informations de recherche qui contribuent de manière significative à notre compréhension de ce sujet. Malheureusement, Le rôle des blattes dans la transmission de la résistance aux antibiotiques et également dans la transmission des bactéries résistantes n'est pas entièrement établi.

À travers ce point, nous visons à décrire la signification et le rôle possible des cafards dans la transmission des bactéries pathogènes et aussi dans le transfert de la résistance aux antibiotiques.

---

# **Synthèse bibliographique**

---

---

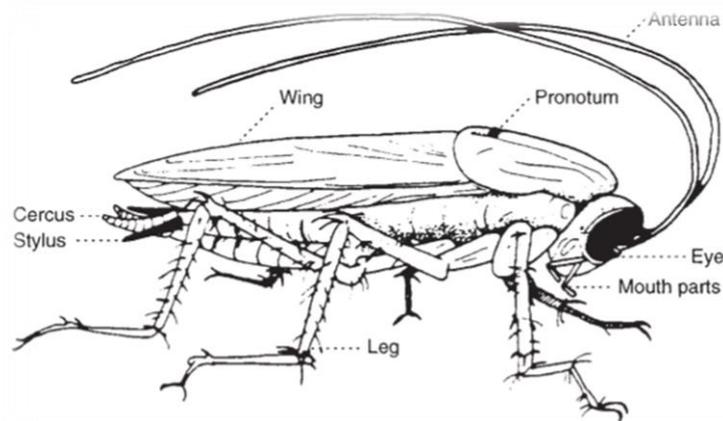
# **Chapitre 1 : Les blattes et les bactéries**

---

### 1.1. Les blattes

Les blattes sont membres de l'ordre Blattodea et appartiennent au royaume Animalia, le phylum est Arthropoda, la classe est insecte et le super-ordre est dityoptera.

Les cafards sont des insectes bruns avec une antenne et mesurent environ un pouce et demi (4 centimètres) de long à maturité. Les blattes ont une tête relativement petite et un corps large et aplati, ils sont brun rougeâtre à brun foncé, ce qui comprend les termites. (Headricke et Gordh, 2009)



**Figure 1.** Vue latérale d'un cafard (*Blattella germanica*). (Rozendaal, 1997)

Sur plus de 3500 espèces identifiées, seules quelques-unes sont importantes pour les humains car ils se sont adaptés à vivre dans des bâtiments. Les espèces les plus communes sont:

- *Periplaneta americana*, la blatte américaine, qui se produit dans le monde entier. Il mesure de 35 à 40 mm de long et a une teinte rougeâtre brillante à chocolat couleur marron. La boîte à œufs mesure 8 à 10 mm et contient 16 œufs. (Bell *et al.*, 2007)
- *Periplaneta australasiae*, la blatte australienne, qui se rencontre principalement dans les zones subtropicales. Il est similaire au cafard américain, mais plus petit (31 à 37 mm de long) et plus foncé. Il a une bande jaune pâle sur chaque aile antérieure s'étendant sur environ un tiers de sa longueur. La caisse à œufs contient environ 22 à 24 œufs. (Copeland, 2004)
- *Blatta orientalis*, le cafard oriental, se trouve principalement dans les régions tempérées fraîches. C'est noirâtre et de 20 à 27 mm de long. La boîte à œufs est de 10 à 12 mm de long et contient 16 à 18 œufs. (Bell *et al.*, 2007)

- *Blattella germanica*, la blatte allemande, trouvée dans la plupart des régions du monde. Il est brun jaunâtre clair et de 10 à 15 mm de longueur, ce qui le rend l'un des plus petits cafards domestiques. La femelle porte généralement l'œuf jusqu'à peu de temps avant que les jeunes ne sortent. L'œuf est de couleur claire, d'environ 7 à 9 mm de long et contient environ 40 œufs. (Khalaji *et al.*, 2013)

### 1.1.1. L'habitat

Tous les types d'habitations humaines, y compris les hôpitaux et les maisons, sont fortement infestés de cafards. Les maisons très peuplées et les milieux de vie pauvres sont des sites de reproduction pour les espèces d'intérieur en particulier. (Memon *et al.*, 2017)

Les blattes sont des ravageurs très efficaces, dont il a été collecté dans des établissements de soins de longue durée et les maisons de soins infirmiers au Taïwan (Pai, 2013) ainsi que des hôpitaux Polonais (Gliniewicz *et al.*, 2006), en Algérie (Menasria *et al.*, 2014), au Cuba (Risco *et al.*, 2010), au Japon (Saitou *et al.*, 2009) et en Ethiopie (Tachbele *et al.*, 2006).

## 1.2. Bactéries associées aux cafards

Selon Roth et Willis (1960), les bactéries répandues par les cafards sont :

*Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas eisenbergii*, *Pseudomonas fluorescens*, *Spirillum periplaneticum*, *Spirillum*  $\alpha$ ,  $\beta$ , et  $\gamma$ , *Spirillum* sp, *Vibrio comma*, *Vibrio metschnikovii*, *Vibrio tyrogenus*, *Vibrio* Types I et II, *Vibrio* sp, *Chromobacterium violaceum*, *Micrococcus aurantiacus*, *Micrococcus citreus*, *Micrococcus epidermidis*, *Micrococcus nigrofaciens*, *Micrococcus pyogenes*, *Micrococcus ureae*, *Micrococcus* spp, *Sarcina alba*, *Sarcina aurantiaca*, *Sarcina lutea*, *Sarcina ventriculi*, *Sarcina* sp, *Neisseria meningitidis*, *Veillonella parvula*, *Diplococcus pneumoniae*, *Enterococcus* sp, *Lactobacillus fermenti*, *Pneumococcus* Type I, *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus liquefaciens*, *Streptococcus microapoika*, *Streptococcus non-hemolyticus*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus* sp, *Corynebacterium diphtheriae*, *Achromobacter hyalinus*, *Achromobacter* sp, *Alcaligenes faecalis*, *Alcaligenes recti*, *Alcaligenes viscosus*, *Aerobacter aerogenes*, *Aerobacter cloacae*, *Aerobacter* sp, *Eberthella oedematiens*, *Escherichia coli*, *Escherichia freundii*, *Escherichia intermedium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Paracolobactrum aerogenoides*, *Paracolobactrum coliforme*, *Paracolobactrum* spp, *Paracolon bacilli*.

### 1.3. Les infections acquises aux hôpitaux

Une infection est dite nosocomiale, si elle survient au cours ou au décours d'une prise en charge (diagnostique, thérapeutique, palliative, préventive ou éducative) d'un patient et si elle n'était ni présente, ni en incubation au début de la prise en charge. Lorsque l'état infectieux au début de la prise en charge n'est pas connu précisément, un délai d'au moins 48 heures ou supérieur à la période d'incubation est couramment accepté pour définir une infection nosocomiale. (Bouguenoun, 2017)

### 1.4. Les principales bactéries pathogènes pour l'homme

**Tableau 1.** Classification des principales bactéries pathogènes chez l'homme.

(Delmont *et al.*, 2012)

Forme	Gram	Culture	Genre	Espèce	Particularités	
Cocci	Positif	Aérobie	<i>Streptococcus</i>	<i>pyogenes agalactiae</i> <i>dysgalactiae</i> <i>gallolyticus salivarius</i> <i>mitis sanguis oralis</i> <i>mutans pneumoniae</i>	Groupement en chaînettes	
			<i>Staphylococcus</i>	<i>Aureus</i> <i>epidermidis</i> <i>saprophyticus hominis</i>	Groupement en amas	
			<i>Enterococcus</i>	<i>faecalis</i> <i>faecium</i>		
		Anaérobie	<i>Peptostreptococcus sp</i>			
	Négatif	Aérobie		<i>Neisseria</i>	<i>meningitidis</i> <i>gonorrhoeae</i>	Diplocoque en grain de café Diplocoque en flamme de bougie
				<i>Branhamella</i>	<i>Catarrhalis</i>	
				<i>Moraxella</i>	<i>Catarrhalis</i>	
	Anaérobie		<i>Veillonella</i>	<i>Parvula</i>		
Bacilles	Positif	Aérobie	<i>Corynebacterium</i>	<i>diphtheriae</i> <i>ulcerans</i>	Anaérobies facultatifs sporulés pour <i>Bacillus sp</i>	
			<i>Listeria</i>	<i>Monocytogenes</i>		
			<i>Bacillus</i>	<i>anthracis</i> <i>cereus</i>		
			<i>Gardnerella</i>	<i>Vaginalis</i>		
			<i>Erysipelothrix</i>	<i>Rhusiopathiae</i>		
	Anaérobie		<i>Clostridium</i>	<i>perfringens botulinum</i> <i>tetani</i> <i>difficile</i>	Sporulés	
			<i>Tropheryma</i>	<i>Whipplei</i>		
		<i>Lactobacillus sp</i>				
	Négatif	Aérobie	<i>Escherichia</i>	<i>Coli</i>		

		<i>Klebsiella</i>	<i>pneumoniae</i> <i>rhinoscleromatis</i>	
		<i>Enterobacter</i>	<i>Cloacae</i>	
		<i>Serratia</i>	<i>Marcescens</i>	
		<i>Proteus</i>	<i>Mirabilis</i>	
		<i>Acinetobacter</i>		
		<i>Citrobacter</i>	<i>Aureus</i>	
		<i>Shigella</i>	<i>dysenteriae</i> <i>flexnerii</i> <i>boydii</i> <i>sonneii</i>	
		<i>Salmonella</i> <i>Enterica</i>	<i>typhi</i> <i>paratyphi typhimurium</i> <i>cholerae</i> <i>suis</i> <i>enteritidis arizona</i>	
		<i>Yersinia</i>	<i>pestis</i> <i>enterocolitica</i> <i>pseudo</i> <i>tuberculosis</i>	
		<i>Pseudomonas</i> <i>Burkholderia</i>	<i>aeruginosa</i> <i>mallei/pseudomallei</i>	Famille des Pseudomonaceae
		<i>Haemophilus</i>	<i>Influenzae</i> <i>Ducreyi</i>	
		<i>Campylobacter</i>	<i>Fetus</i> <i>coli</i> <i>jejuni</i>	
		<i>Helicobacter</i>	<i>Pylori</i>	
		<i>Vibrio</i>	<i>cholerae</i> <i>parahaemolyticus</i>	
		<i>Aeromonas</i>	<i>Hydrophila</i>	
		<i>Brucella</i>	<i>melitensis</i> <i>abortus bovis</i> <i>abortus suis</i>	Pousse sur milieu au CO2
	Anaérobie	<i>Bacteroides</i>	<i>Fragilis</i>	
		<i>Fusobacterium</i>	<i>Necrophorum</i>	
		<i>Prevotella</i>	<i>Melaninogenica</i>	

### 1.5. Les blattes et la résistance bactérienne

D'après Anacarso *et al.* (2016), les blattes semblent jouer un rôle crucial dans les éventuels échanges génétiques médiés par conjugaison qui se produisent entre les bactéries qui se logent dans le tractus intestinal des blattes. L'intestin de ces insectes peut être considéré comme un modèle *in vivo* efficace pour le transfert naturel de plasmides de résistance aux antimicrobiens entre les bactéries. Leur résultats confirment que les blattes permettent l'échange de plasmides de résistance aux antimicrobiens entre les bactéries et peuvent représenter un réservoir potentiel pour la dissémination de bactéries résistantes aux antibiotiques dans différents environnements.

---

# **Chapitre 2 : les antibiotiques et l'antibiorésistance**

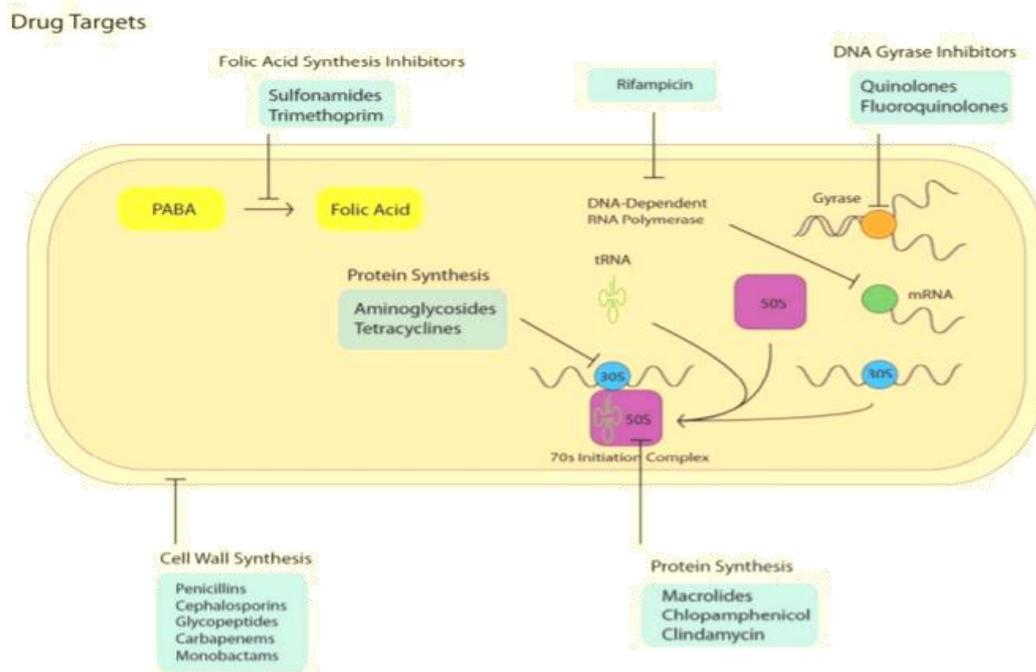
---

### 2.1. Les antibiotiques et leurs modes d'action

Les antibiotiques sont des agents dont la toxicité sélective résulte d'un mode d'action spécifique. Ils agissent à faible dose pour inhiber la croissance des micro-organismes ou pour les détruire. Ils peuvent être produits de manière naturelle par des champignons et des bactéries ou obtenus par synthèse et hémisynthèse. (Mangin, 2016)

**Tableau 2.** Classes des antibiotiques les plus utilisées chez l'homme. (Munck, 2014)

Classe d'antibiotiques	Exemple	Cible
Bêta-lactamines	Pénicillines (ampicilline), céphalosporines (céfotaxime), carbapénèmes (méro pénème)	Synthèse de la paroi cellulaire
Quinolone	Acide nalidixique, Ciprofloxacine	Gyrase / topoisomérase IV
Aminoglycoside	Streptomycine, gentamicine, amikacine	Sous-unité ribosomale 30S / membrane cellulaire
Macrolide	Erythromycine, Azithromycine	Tunnel de sortie des peptides dans la sous-unité ribosomique 50S
Tétracycline	Tétracycline, Tigécycline	Liaison de l'ARNt dans la sous-unité ribosomique 30S
Oxazolidinones	Linezolid	Centre de peptidyl transférase dans le ribosomal 50S sous-unité
Phénicol	Chloramphénicol	Centre de peptidyl transférase dans le ribosomal 50S sous-unité
Lincosamide	Clindamycine, Lincomycine	Tunnel de sortie des peptides dans la sous-unité ribosomique 50S
Sulfonamides	Sulfaméthoxazole	Synthèse du tétrahydrofolate
Benzylpyrimidine	Triméthoprime	Synthèse du tétrahydrofolate
Rifamycine	Rifampicine	ARN polymérase
Nitroimidazoles	Metronidazole	Domages généraux à l'ADN
Nitrofurans	Nitrofurantoïne	Domages généraux à l'ADN
Lipopeptide	Daptomycine	Membrane cellulaire
Glycopeptide	Vancomycine	Synthèse de la paroi cellulaire



**Figure 2.** Cibles d'antibiotiques. (Thomsen, 2016)

### 2.1.1. Action au niveau de la paroi

Les cellules eucaryotes animales ne possèdent pas de paroi. Les bactéries par contre sont entourées d'une coque en peptidoglycane, polymère de sucres réticulé par des ponts de nature peptidique. Plusieurs classes d'antibiotiques prennent pour cible des enzymes intervenant dans la synthèse de cette paroi. Dans cette catégorie, nous trouvons :

- Les  $\beta$ -lactames, qui inhibent la transpeptidase intervenant dans la synthèse de la paroi.
- Les glycopeptides, qui se lient à un intermédiaire de synthèse.
- Quelques molécules d'intérêt mineur (fosfomycine, cyclosérine, bacitracine, acide fusidique, polymyxine et, dans une certaine mesure, la néomycine). (Brisson, 2018)

### 2.1.2. Action sur la membrane plasmique

Certains antibiotiques ont pour cible la membrane plasmique bactérienne avec une action bactéricide. Ces antibiotiques de type polypeptidique présentent une toxicité lors de leur administration. Ce sont des molécules naturelles produites par des bactéries du genre *Bacillus*. (Moroh, 2013)

### 2.1.3. Action au niveau des processus cytoplasmiques

La synthèse des protéines : l'antibiotique se fixe sur les ribosomes bactériens et inhibe la synthèse des protéines.

La synthèse des acides nucléiques : l'antibiotique inhibe la synthèse de l'acide folique qui participe à la formation du tétrahydrofolate (cofacteurs de la synthèse d'acides aminés et de bases puriques). C'est le cas des sulfamides et triméthoprimes. (Brisson, 2018)

## 2.2. Antibiorésistance

La résistance aux antibiotiques a été définie comme la capacité des bactéries à changer de manière à résister les effets des médicaments - «c'est-à-dire que les germes ne sont pas tués et que leur croissance n'est pas arrêtée». (Lien, 2018)

### 2.2.1. Résistance naturelle

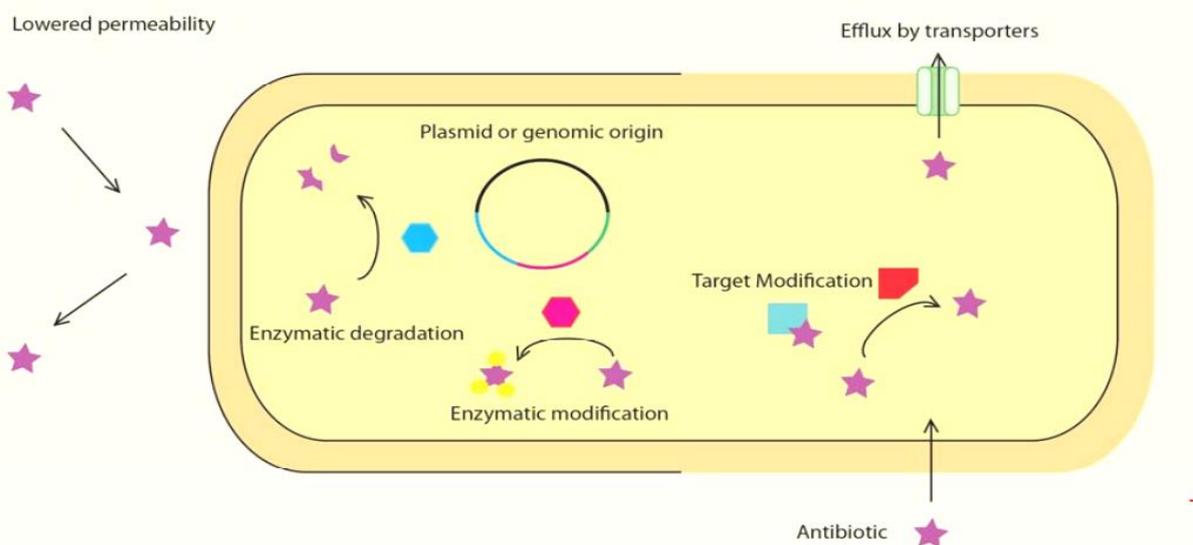
On parle de résistance naturelle lorsque toutes les souches d'une même espèce bactérienne sont résistantes à un antibiotique donné sans aucun contact préalable. La résistance est donc liée aux propriétés naturelles des bactéries. (Vittecoq *et al.*, 2016)

### 2.2.2. Résistance acquise

Les bactéries peuvent également acquérir des résistances via des mutations génétiques ou par l'insertion d'éléments génétiques mobiles (par exemple des intégrons portés par des plasmides), on parle alors de résistance acquise. (Buard, 2013)

## 2.3. Mécanismes de résistance

Un aperçu général de ces mécanismes peut être vu dans la Figure 3.



**Figure 3.** Mécanismes de résistance. (Thomsen, 2016)

### 2.3.1. Mécanismes enzymatiques

Dans ce cas, les bactéries synthétisent des enzymes ( $\beta$ -lactamases, pénicillinases...) qui inactivent l'antibiotique ou en modifient la structure ce qui l'empêchera de se fixer sur la cible. C'est le principal mécanisme de résistance aux Beta-lactamines et aminosides. Cette résistance est semi-croisée du fait de la variation d'affinité de chaque enzyme pour les différentes molécules. (Smet *et al.*, 2010)

### 2.3.2. Mécanismes non-enzymatiques

#### A. Modification de la cible

La cible de l'antibiotique peut être modifiée par plusieurs processus. Certains sont cités ci-dessous :

- Mutation du gène codant pour cette cible, c'est le cas de la résistance des entérobactéries aux quinolones. (Minarini et Darini, 2012)
- Modification de la cible via une enzyme synthétisée par la bactérie, c'est le cas de la résistance aux macrolides et lincosamides. (Fyfe *et al.*, 2016)
- Surexpression de la cible, c'est le cas de la résistance aux sulfamides et triméthoprimes. (Palmer et Kishony, 2014)

#### B. Imperméabilité par la modification des porines

La modification des porines entraîne un défaut de passage et donc une absence de concentration intracellulaire. Cette résistance peut concerner plusieurs familles simultanément :  $\beta$ -lactamines, tétracycline, quinolones hydrophiles... etc. (Fernández et Hancock, 2012)

#### C. Mécanisme d'efflux

Une réduction de l'accumulation intrabactérienne suite à l'expression d'un transporteur actif qui expulse l'antibiotique, a été décrite pour la première fois vis-à-vis des tétracyclines. Aujourd'hui, il apparaît qu'il s'agit d'un mécanisme de résistance extrêmement répandu et capable de réduire l'activité de quasi toutes les classes d'antibiotiques. (Brisson, 2018)

---

# **Matériel et Méthodes**

---

### **3.1. Partie 1 : Travail personnel**

#### **3.1.1. La zone d'échantillonnage**

La zone d'échantillonnage de cette étude était deux hôpitaux localisés dans la ville de Biskra. L'hôpital 1 : Bachir Ben Nacer offrait des services d'hospitalisation et de consultation externe avec une expertise en soins de maternité et néonatalogie, et l'hôpital 2 : El Hakim Saadan avec des services spécialisés, y compris les maladies infectieuses et le cancer.

#### **3.1.2. Collecte des échantillons**

La méthode utilisée dans la collecte des blattes a été celle des pièges à bocaux simples. Cette méthode consiste à mettre des miettes de pain au fond du récipient propre et désinfecté pour servir d'attractants et une couche épaisse de la vaseline sur le bord intérieur du récipient pour empêcher les insectes de s'échapper.

Vingt blattes ont été collectées, sur une période d'un 15 jour (du 18 février jusqu'au 27 février). Les cafards piégés ont été recueillis dans des tubes à essai stériles, transportés au laboratoire de l'université et anesthésiés par congélation à 0° C pendant 5 minutes puis stockés à 50° C. (Harwood and James, 1979)

#### **3.1.3. Préparation de la suspension bactérienne**

##### **3.1.3.1. À partir de la surface externe du cafard**

Deux millilitres de solution saline stérile ont été rajoutés aux tubes stériles contenant les cafards, ces derniers ont été agités vigoureusement pendant deux minutes.

Les cafards ont été ensuite retirés des tubes et le liquide restant, contenant les bactéries, a été centrifugé à 2000 tr / min pendant 10 minutes. Le surnageant a été ensuite éliminé et le sédiment restant a été utilisé pour la culture. (Cheesbrough, 2006)

##### **3.1.3.2. À partir du tube digestif du cafard**

Les cafards ont été lavés avec l'alcool éthylique à 70% pendant 5 minutes et on les a laissé sécher à température ambiante dans des conditions stériles.

Après décontamination, ils ont été lavés avec une solution saline stérile pendant 2-3 minutes pour éliminer les traces d'alcool.

L'intestin des blattes a été disséqué et macéré aseptiquement avec un pilon stérile et un mortier dans 2 ml de solution saline stérile. L'extrait résultant a été utilisé pour la culture. (Cheesbrough, 2006)

### **3.1.4. Culture et identification des bactéries**

#### **3.1.4.1. Mise en culture**

Chaque suspension (externe et interne) a été mise en culture sur de la gélose Mac Conkey, gélose Chapman, gélose nutritive et la gélose au sang. Les boîtes de Pétri des différents milieux de culture ont été incubées pendant 18 à 24h à 37°C.

#### **3.1.4.2. Purification**

Dans des conditions stériles, une colonie isolée et représentative de la souche a été isolée à l'aide d'une anse de platine stérile et ensuite ensemencée sur une nouvelle boîte de milieu de culture et incubée à 37°C pendant 24h.

Si les nouvelles cultures obtenues sont représentatives de la souche initiale et pure, il est possible de poursuivre les tests.

Après l'isolement et la purification des isolats bactériens, ces derniers ont été examinés macroscopiquement et microscopiquement par la coloration de Gram.

#### **3.1.4.3. Examen macroscopique**

L'observation de l'aspect macroscopique des colonies permet d'effectuer une première caractérisation, avec une orientation possible des résultats au cours de l'identification.

D'après Joffin et Leyral, les éléments d'identifications macroscopiques sont:

- la forme des colonies : rondes, irrégulières,...etc.
- la taille des colonies par la mesure du diamètre.
- la couleur de la colonie.
- l'élévation : convexe, concave, plate, l'opacité : opaque, translucide ou transparente.
- la surface : lisse, rugueuse, sèche, dentelée,...etc. (Joffin et Leyral, 2006)

#### **3.1.4.4. Examen microscopique**

L'observation microscopique consiste à observer les cellules bactériennes après une coloration de Gram (Annexe 1) qui permet de connaître la forme, la pureté ainsi que la nature biochimique de la paroi des cellules purifiées.

### 3.1.4.5. Identification biochimique

#### ➤ Test catalase

L'enzyme catalase sert à neutraliser les effets bactéricides de peroxyde d'hydrogène. La catalase accélère la décomposition du peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en eau et oxygène ( $2H_2O_2 + \text{Catalase} \rightarrow 2H_2O + O_2$ ). Cette réaction est évidente par la formation rapide de bulles. (Reiner, 2010)

La technique consiste à prélever une colonie à l'aide d'une anse de platine stérile et la placer sur une lame stérile contenant une goutte de 3%  $H_2O_2$ . L'observation de la formation de bulles contre un fond sombre améliore la lisibilité. (Reiner, 2010)

#### ➤ Test Oxydase

Le test oxydase est une réaction biochimique qui teste la présence de cytochrome oxydase, une enzyme parfois appelée indophénol oxydase. En présence d'une bactérie contenant l'enzyme cytochrome oxydase, le réactif incolore réduit devient un produit coloré oxydé.

La technique consiste à déposer, sur une lame porte-objet propre, un disque d'oxydase « Ox » et l'imbiber avec une goutte d'eau distillée stérile ou d'eau physiologique stérile. Ensuite, prélever une partie de la colonie à l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée stérile et l'étaler sur le disque.

Les bactéries sont oxydase positive lorsque la couleur passe au violet foncé en 5 à 10 secondes. On parle d'une oxydase positive tardive, lorsque la couleur vire au violet en 60 à 90 secondes. En revanche, les bactéries sont négatives à l'oxydase si la couleur ne change pas ou si cela prend plus de 2 minutes. (Shields et Cathcart, 2010)

#### ➤ La galerie biochimique classique

Les tests biochimiques réalisés sont présentés ci-dessous :

**Tableau 3.** la galerie biochimique classique.

Milieu	Technique	Caractères recherchés
Test VP et RM (Meziani, 2012; Leulmi, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensemencer le milieu Clarck et Lubs avec la souche bactérienne.</li> <li>• Incubation à 37°C pendant 18h.</li> <li>• diviser le milieu en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le test RM consiste à mettre en évidence la voie de fermentations des acides mixtes qui consiste à apprécier le pH du milieu après 24h de culture.</li> </ul>

	<p>deux tubes, pour le test RM additionner 2 à 3 gouttes de rouge de méthyle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour le de VP ajouter quelques gouttes du réactif VP1 et le même volume du réactif VP2.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le test VP consiste à mettre en évidence l'acétoïne produit par fermentation butanediolique, par une réaction colorée en rose après 15 min.</li> </ul>
Test urée-indole (Meziani, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• On enseme le milieu «urée- indole» directement à partir des colonies à l'aide d'une anse de platine.</li> <li>• Après l'incubation à 37°C pendant 24h.</li> <li>• Le milieu est divisé en deux tubes.</li> <li>• On peut recherche la production d'indole par des réactifs de Kovacs, et le TDA est révélé par l'ajout de perchlorure de fer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'uréase : changement de coloration du milieu vers le rose,</li> <li>• La production de l'indole : un anneau rouge en surface après l'ajout de Kovacs.</li> <li>• Le tryptophane désaminase : une couleur brune après l'ajout de perchlorure de fer.</li> </ul>
Milieu de citrate de Simmons (Solbi, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'ensemencement se fait au moyen d'une anse de platine par des stries transversal de la pente.</li> <li>• La lecture se fait après 24h d'incubation à 37°C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation du citrate de Simmons : virage de couleur du vert au bleu</li> </ul>
Milieu mannitol-mobilité (Meziani, 2012; Solbi, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'ensemencement du milieu se fait par piqûre centrale jusqu'au fond du tube avec la souche à tester à l'aide d'une pipette Pasteur.</li> <li>• L'incubation se fait à 37°C durant 18h. le type respiratoire est défini en ajoutant, à la surface du milieu, les réactifs de Nit1 et Nit2, il est possible de mettre en évidence le nitrite, si la bactérie possède un nitrate réductase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentation du mannitol : virage du milieu de rouge au jaune.</li> <li>• La réduction de nitrates en nitrites : L'ajout des réactifs Nit1 et Nit2 : l'apparition d'une teinte rouge-orangé en présence d'ions nitrites.</li> <li>• La bactérie immobile ne se développe que le long de la piqure centrale.</li> </ul>
Milieu KIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir de la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentation du</li> </ul>

(Minor et Richard, 1993)	suspension bactérienne, la surface de la gélose KIA est ensemencée par stries. <ul style="list-style-type: none"><li>• Puis le culot par piqûre centrale.</li><li>• L'incubation à 37 °C pendant 24 h.</li></ul>	lactose + : virage au jaune de la pente. <ul style="list-style-type: none"><li>• Fermentation du glucose + : virage au jaune au fond de tube.</li><li>• Production de gaz : apparition de bulles et craquement de la gélose.</li><li>• Production d'H<sub>2</sub>S : noircissement du milieu.</li></ul>
--------------------------	--	---

### **3.2. Partie 2 : Analyse des articles**

#### **3.2.1. Sélection des données**

Des articles scientifiques pertinents sur la contamination des blattes ont été téléchargés de divers sites Web tels que google Scholar, sites scientifiques, Scopus, Pub Med, Web of Science, Elsevier et Springer, ainsi que Science Directe. Environ 21 des articles scientifiques ont été lus et analysés, et après un examen préliminaire, 15 ont été sélectionnés pour faire la partie: revue de synthèse.

#### **3.2.2. La zone d'échantillonnage**

Les blattes ont été collectées aux différents endroits dans le monde, dans des établissements de soins de longue durée et des maisons de soins infirmiers au Taïwan (Pai, 2013) et des hôpitaux en l'Algérie (Tine *et al.*, 2014; Loucif *et al.*, 2016 ; Loucif *et al.*, 2017), l'Éthiopie (Tilahun *et al.*, 2012 ), le Ghana (Brown *et al.*, 2014), l'Irak (Al Marjani *et al.*, 2017), l'Iran (Abdolmaleki *et al.*, 2019). On outre, les habitats et les établissements de manipulation des aliments dans l'Inde (Wannigama, 2013), Bangladesh (Islam *et al.*, 2016), l'Éthiopie (Solomon *et al.*, 2018). les parkings, les départements de garde-robe, la cave, le sous-sol et les animaux de compagnie et le bétail (Ghasemi *et al.*, 2015). Ou les deux ensembles y compris l'hôpital et des environnements non hospitaliers en Éthiopie (Moges *et al.*, 2016), Iran (fakoorziba *et al.*, 2010) et en Chine (Xue *et al.*, 2009).

#### **3.2.3. Collecte d'échantillons**

La collection est faite soit par des pièges appâtés collants (Xue *et al.*, 2009 ; Pai, 2013 ; Wannigama *et al.*, 2013 ; Tine *et al.*, 2014; Brown *et al.*, 2015 ; Ghasemi *et al.*, 2015 ; Solomon *et al.*, 2018). D'autre part, capturés à la main (les collectionneurs portant des gants stériles et utilisant une pince et torches) (Tilahun *et al.*, 2012 ; Islam *et al.*, 2016 ; Loucif *et al.*, 2016 ; Moges *et al.*, 2016 ; Loucif *et al.*, 2017 ; Al Marjani *et al.*, 2017). Ou les deux méthodes ensemble (fakoorziba *et al.*, 2010). Ensuite, L'identification des espèces a été effectuée conformément à une clé taxinomique standard.

#### **3.2.4. Préparation de la suspension bactérienne**

##### **3.2.4.1. À partir du tube digestive de cafard**

D'après la méthode de Solomon *et al.* (2018), la préparation de la suspension bactérienne à partir de l'intérieur de cafard était la suivante :

- Les cafards délogés ont été trempés à l'éthanol 90% pendant cinq minutes et séchés pour décontaminer leurs surfaces externes.

- Après cela, ils ont été lavés à nouveau avec du sérum physiologique stérile (NaCl 0,85%) afin d'éliminer les traces d'éthanol.
- Ensuite, le tube digestif des cafards a été disséqué aseptiquement à l'aide d'aiguilles de dissection entomologiques stérilisées en autoclave sous un microscope à dissection. Les instruments ont été plongés dans l'éthanol et flambés entre les dissections.
- L'intestin excisé est ensuite homogénéisé dans 5 ml de sérum physiologique stérile et les homogénats ont été utilisés comme échantillons intestinaux pour isoler les bactéries.

Pai (2013) a utilisé une autre méthode qui consiste à:

- Chaque insecte a été lavé à l'alcool éthylique 70% pendant 5 min et laissé sécher à température ambiante dans des conditions stériles.
- Après lavage avec une solution saline normale stérile pendant 3 min, le tube digestif des cafards individuels a été disséqué dehors et macéré aseptiquement dans un pilon et un mortier stérile avec 2 ml de solution saline normale stérile.

D'autre part, Tine *et al.* (2014) ont réalisé la méthode suivante :

- Les organes digestifs de chaque *Blattella germanica* ont été disséqués séparément et une suspension homogène qui a été préparée.

Et dans la méthode utilisée par Loucif *et al.* (2016) et Loucif *et al.* (2017), pour éliminer la contamination externe du corps, les cafards ont été immergés dans l'eau de Javel pendant 2 min, après dans une solution physiologique saline stérile pendant 2 min, puis dans l'éthanol à 70% pendant 5 min. Ensuite, chaque échantillon a été lavé avec une solution saline physiologique stérile.

Par la suite, l'insecte a été trempé dans une bouteille stérile contenant 5 ml de solution de Tween 80 à 0,05%, puis broyé à l'intérieur à l'aide d'un pilon stérile. Le triture a été ensuite vigoureusement agité au vortex pendant 2 min. La suspension résultante a été utilisée comme échantillon d'homogénat interne du corps.

Selon Fakoorziba *et al.* (2010), la préparation de la suspension bactérienne de la flore interne de cafard se fait comme suit : Les bactéries présentes dans le tube digestif de chaque blatte ont été récupérées après lavage de chaque insecte dans l'éthanol à 70% pendant 5 min, puis dans une solution saline stérile pendant 2 à 3 min, après en disséquant le tube et en le macérant avec 2 ml de solution saline stérile, dans un pilon et un mortier stériles.

En outre Brown *et al.* (2014) ont suivi cette méthode :

Après lavage en PBS, chaque cafard a été placé dans un deuxième tube stérile, dans l'alcool 70 % pendant 5 min, puis lavé avec du PBS stérile pendant 2-3 minutes et macéré dans le tube dans 10 ml stérile PBS avec une tige de verre stérile. Le macérât a été ensuite vigoureusement vortexé pendant 2-3 minutes et la suspension résultante contient les bactéries de l'intérieur du cafard.

Et pour Abdolmaleki *et al.* (2019), ils ont suivi les étapes suivantes :

Avant la dissection du tractus gastro-intestinal, chaque cafard a été décontaminé avec d'éthanol 95%, et le résidu d'éthanol a été éliminé avec une solution saline. L'intestin a été disséqué aseptiquement à l'aide d'aiguilles stériles et lavé avec une solution saline normale de 5 ml. Des précautions ont été prises pour réduire le nombre de coupures ou de cassures dans l'intestin.

Tilahun *et al.* (2012) et Islam *et al.* (2016) ont préparé les échantillons en les submergeant dans l'éthanol à 90% pendant 5 minutes pour décontaminer leur surface externe et les laissé sécher à l'air. Ensuite, ils ont été lavés avec une solution saline normale stérile pour éliminer l'éthanol résiduel. Enfin leurs viscères ont été disséqués à l'aide d'aiguilles entomologiques stérilisées en autoclave sous un microscope à dissection pour localiser les homogénats intestinaux. Les instruments ont été stérilisés après chaque dissection. Leur intestin a été ensuite maintenu dans 5 ml de sérum physiologique stérile pendant 5 minutes pour produire un échantillon d'homogénat.

#### **3.2.4.2. À partir de la surface externe du cafard**

Selon Islam *et al.* (2016) et Abdolmaleki *et al.* (2019), la préparation de la suspension bactérienne de la surface externe se fait comme suit : la surface corporelle des blattes a été lavée avec une solution saline physiologique après placées dans un vortex pendant 2 min et prise comme échantillon d'homogénat.

D'autre part, (Xue *et al.*, 2009 ; Ghasemi *et al.*, 2015 ; Moges *et al.*, 2016 ; Solomon *et al.*, 2018) ont immobilisé par réfrigération les blattes en les plaçant dans 5 ml de sérum physiologique stérile (0,85%) et les placées par la suite dans un agitateur pendant deux minutes pour déloger les bactéries de ses surfaces corporelles. Ensuite, le lavage a été pris comme échantillon d'homogénat corporel externe pour isoler les bactéries.

(Fakoorziba *et al.*, 2010 ; Tilahun *et al.*, 2012 ; Pai, 2013 ; Wannigama *et al.*, 2013 ; Al Marjani *et al.*, 2017) ont utilisé cette méthode :

Deux millilitres de solution saline stérile (0,9%) ont été ajoutés au tube à essai contenant un cafard, et le tube a été soigneusement agité pendant 2 minutes pour isoler les micro-organismes de la surface externe.

Et dans la méthode de Loucif *et al.* (2016) et Loucif *et al.* (2017) chaque cafard a été trempé dans 5 ml de solution de Tween 80 à 0,05% et vortexé vigoureusement pendant 2 min. Le lavage résultant a été utilisé comme échantillon d'homogénat externe du corps.

Pour Brown *et al.* (2014) le corps de chaque cafard immobile était bien lavé en étant suspendu dans 7 ml de solution saline stérile tamponnée au phosphate (PBS, pH 7,2) et vortexé vigoureusement pendant 2-3 minutes. Le cafard a été retiré de PBS pour vérifier les bactéries qui étaient délogées des surfaces externes de l'insecte.

En outre, Tine *et al.* (2014) a utilisé un écouvillonnage de la surface externe.

### 3.2.5. Culture et identification des bactéries

#### 3.2.5.1. Enrichissement

Une étape d'enrichissement a été utilisée par certaines études (Tableau 4).

**Tableau 4.** Les milieux d'enrichissement.

Milieu	Incubation	Étude
Bouillon nutritif	18 h à 37 °C	(Tine <i>et al.</i> , 2014 ; Abdolmaleki <i>et al.</i> , 2019)
EPT	18 h à 37 °C	(Tilahun <i>et al.</i> , 2012 ; Islam, 2016 ; Solomon <i>et al.</i> , 2018)
Bouillon RV	18 h à 37 °C	(Solomon <i>et al.</i> , 2018)
BCC + 64 mg / litre de vancomycine + 1 mg / litre d'ertapénème	24 h à 37 °C	(Loucif <i>et al.</i> , 2016 ; Loucif <i>et al.</i> , 2017)

#### 3.2.5.2. Mise en culture

La mise en culture de suspensions réalisées, à partir des intestins des cafards et de leurs surfaces externes, a été effectuée sur différents milieux solide selon les espèces bactériennes recherchées (Tab. 5).

**Tableau 5.** Les milieux de culture utilisés.

Milieu	Incubation	Étude
Gélose au sang	24 h à 37 °C	(Fakoorziba <i>et al.</i> , 2010; Tilahun <i>et al.</i> , 2012 ; Pai 2013 ; Wannigama <i>et al.</i> , 2013 ; Brown <i>et al.</i> , 2014 ; Islam <i>et al.</i> , 2016 ; Moges <i>et al.</i> , 2016 ; Al Marjani <i>et al.</i> , 2017 ; Abdolmaleki <i>et al.</i> , 2019)
Gélose chocolat	24 h à 37 °C	(Tilahun <i>et al.</i> , 2012 ; Moges <i>et al.</i> , 2016 )
Gélose EMB	24 h à 35 °C	(Pai, 2013)
Gélose XLD	24 h à 37 °C	(Pai, 2013 ; Tilahun <i>et al.</i> , 2012 ; Solomon <i>et al.</i> , 2018)
Gélose Chapman	24 h à 37 °C	(Tilahun <i>et al.</i> , 2012 ; Solomon <i>et al.</i> , 2018 )
Gélose MacConkey	24 h à 37 °C	(Fakoorziba <i>et al.</i> , 2010 ; Tilahun <i>et al.</i> , 2012 ; Wannigama <i>et al.</i> , 2013 ;Tine <i>et al.</i> , 2014 ; Brown <i>et al.</i> , 2014 ; Ghasemi <i>et al.</i> , 2015 ; Moges <i>et al.</i> , 2016 ; Al Marjani <i>et al.</i> , 2017 ; Solomon <i>et al.</i> , 2018)
Gélose MacConkey + 64 mg / litre de vancomycine + 1 mg / litre d'ertapénème	24 h à 37 °C	(Loucif <i>et al.</i> , 2016 ; Loucif <i>et al.</i> , 2017)
Gélose tryptone soja	24 h à 37 °C	(Pai, 2013)
Gélose SS	24 h à 37°C	(Fakoorziba <i>et al.</i> , 2010 ; Tilahun <i>et al.</i> , 2012 )
Gélose BUG	24 h à 35 °C	(Xue <i>et al.</i> , 2009)
Gélose MYP	24 h à 37 °C	(Solomon <i>et al.</i> , 2018)
Gélose coeur – cerveau	24 h à 37 °C	(Pai, 2013; Loucif <i>et al.</i> , 2016 )

### 3.2.5.3. Identification

Après isolement et purification des isolats bactériens, ces derniers ont été examinés macroscopiquement (forme de colonie) et microscopiquement par la coloration de Gram.

Par la suite, les isolats ont été identifiés à l'aide d'un système API 20E. (Tine *et al.*, 2014; Loucif *et al.*, 2016 ; Loucif *et al.*, 2017 )

D'autre part, une procédure biochimique standard a été utilisée pour l'identification complète des bactéries à Gram positif et à Gram négatif. (Xue *et al.*, 2009 ; Tilahun *et al.*, 2012 ; Pai, 2013 ; Wannigama *et al.*, 2013 ; Tine *et al.*, 2014 ; Moges *et al.*, 2016 ; Solomon *et al.*, 2018 )

- Les tests triple sucre fer, Citrate de Simmons ont été utilisés par Fakoorziba *et al.* (2010) et Brown *et al.* (2014).
- Le test de l'activité de catalase, le test coagulase (plasma de lapin) ont été utilisés par (Fakoorziba *et al.* 2010 ; Brown *et al.* 2014 ; Islam *et al.* 2016 et Abdolmaleki *et al.* 2019).
- D'autre part, la recherche de l'indole, l'uréase a été confirmée dans le milieu urée-indole. (Fakoorziba *et al.*, 2010 ; Brown *et al.*, 2014 ; Abdolmaleki *et al.*, 2019)
- Un test d'oxydase a été réalisé par Brown *et al.* (2014) et Abdolmaleki *et al.* (2019).
- L'hydrolyse de la gélatine, le rouge de méthyle et Tests de Voges Proskauer pour les suspensions du tube digestif, des tests de b- galactosidase avec O-nitrophényl- b- RÉ- galactoside ont été réalisés par Fakoorziba (2010).
- Le test glucose O / F et de la résistance à la bacitracine (0,04 U), et la recherche de la nitrate réductase, phosphatase, désoxyribonucléase ont été utilisés par Abdolmaleki *et al.*, (2019).
- Des sérogroupes de *Salmonella spp* ont été identifiés par une technique d'agglutination sur lame en utilisant des antigènes poly O (AI) et monovalents (O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8, O9, O15 et Vi). De même, le regroupement sérologique de *Shigella spp.* a été effectué en utilisant antisérums de *Shigella* A, B, C et D et une solution saline physiologique a été utilisée dans le test comme témoin négatif. (Solomon *et al.* , 2018)

- Des anti-sérums BBL ont été utilisés pour le groupement sérologique des isolats. (Tilahun *et al.*, 2012 )

### 3.2.6. Test de sensibilité aux antibiotiques

L'antibiogramme a été réalisé par la technique de diffusion de disque a été effectuée sur gélose Muller-Hinton pour toutes les études.

**Tableau 6.** Les antibiotiques utilisés pour déterminer le profil de sensibilité des souches bactériennes.

Référence	Type des bactéries	Antibiotiques
(Tilahun <i>et al.</i> , 2012)	<i>Enterobacteriaceae</i>	AMP (10µg), SXT (25µg), AMC (30µg), CAF (30µg), GEN (10µg).
	Entérocoques	GEN (120µg), AMX (20µg), CTX (30µg), CRO (30µg), TET (30µg), DOX (30µg), NOR (10µg), CIP (5µg).
(Wannigama <i>et al.</i> , 2013)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i>	AMP (10g), GEN (10 g), CIP (5g), OFX (5g), CAF (30g), TET (30g), SXT (25g), CEF (30 g), CAZ (30g), IPM (10g), PEN (100g), CFP (75g).
(Pai, 2013)	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus spp</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>Proteus spp.</i>	AMP (10µg), GEN (10µg), CIP (5µg), LVX (5µg), CAF (30µg), TET (30µg), SXT (25µg), PEN (10 U), STR (10µg), ERY (15µg), OXA (1µg), VAN (30µg), CEF (30µg), CAZ (30µg), IPM (10µg), PEN (100µg), CFP (75µg).
(Brown <i>et al.</i> , 2014)	Bactéries à Gram négative	TE (30µg), AN (30µg), SXT (25µg), GEN (10 µg), CAF (10µg), AMP (10µg), CXM (30 µg) et CTX (30µg).
	Bactéries à Gram	GEN (10µg), PEN(10µg) , AMP (10µg), ERY (15

	positive	µg), TET (30µg), SXT (25µg), CXM (30µg), FOX (5µg).
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	GEN (10µg), AMK (30µg), CIP (5µg), CAF (10µg), CTX (30 µg), AMP (10µg), TET (30 µg), SXT (25µg).
(Tine <i>et al.</i> , 2014)	Tous les isolats	AMC, CXM, CLI, ERY, FA, PT, OXA, RIF, SP, VAN.
(Ghasemi <i>et al.</i> , 2015)	<i>Escherichia coli</i>	IPM (10 µg), AMK (30 µg), FEP (30 µg), CAZ (30µg), ATM (30 µg), CRO (30 µg).
(Moges <i>et al.</i> , 2016)	Tous les isolats	GEN (10µg), CAF (30µg), CIP (5µg), ERY (15µg), MET (5µg), PEN (10 unités), AMC (30µg), VAN (30µg) STX (25 µg), TET (30µg), CRO (30µg), CAZ (30µg).
(Islam <i>et al.</i> , 2016)	<i>Staphylococcus aureus</i>	KAN (30µg), ERY (15µg), CEF (30µg), CLI (2µg), PEN (10 unités), OXA (1µg).
(Loucif <i>et al.</i> , 2016)	<i>Enterobacteriaceae</i>	AMX, AMC, FOX, CTX, CAZ, FEP, ATM, ETP, IPM, TOB, GEN, AMK, CIP, SXT, TGC, CST.
(Al Marjani <i>et al.</i> , 2017)	Tous les isolats	CIP, IPM, AMC, CEF, LEX, AZM, CRO, AMP, CTX, CAZ, TET, ATM.
(Loucif <i>et al.</i> , 2017)	<i>Pseudomonas putida</i>	PIP, TPZ, CAZ, FEP, IPM, AMK, TOB, CIP, CST TIC, TIM, MEM.
(Solomon <i>et al.</i> , 2018)	Tous les isolats	AMP (30µg), CEF (30µg), CAF (30µg), GEN (10µg), CIP (5µg), Polymyxine B (30µg), STR (10µg), CLI (2µg), ERY (15µg), NOR (10µg), OXA (µg), CRO (30µg), PEN (10U), TET (30µg), SXT (25µg), VAN (30µg).
(Abdolmaleki <i>et al.</i> , 2019)	SARM	PEN (10µg), CPT (30µg), GEN (10µg), AMK (30µg), AZM (15µg) ERY (15µg), TET (30µg), DOX (30µg), CIP (5µg), LVX (5µg), CLI (2µg), SXT (25µg), CAF (30µg), RIF (5µg).

AMC : Amoxicilline+Acide Clavulanique, AMK : Amikacine, AMP : Ampicilline, AMX : Amoxicilline, ATM : Aztreoname, AZM : Azithromycine, CAF : Chloramphénicol, CAZ :

Ceftazidime, CEF : Céphalothine, CFP : Céfopérazone, CIP : Ciprofloxacine, CLI : Clindamycine, CPT : Ceftaroline, CRO : Ceftriaxone, CTX : Céfotaxime, CXM : Cefuroxime, LVX : Lévofloxacine, LEX : Céphalexine, KAN : kanamycine, IPM : Imipénème, FLX : Flucloxacilline, GEN : Gentamicine, FEP : Cefepime, FA : Acide Fusidique, ERY : Erythromycine, DOX : Doxycycline, MEM : Meropenem, MET : Methicilline, NOR : Norfloxacine, OFX : Ofloxacine, OXA : Oxacilline, RIF : Rifampine, PIP : Pipéracilline, PT : Pristinamycine, PEN : Pénicilline, TET : Tétracycline, STR : Streptomycine, SXT : Triméthoprime-Sulfaméthoxazole, TIC : Ticarcilline, TIM : Ticarcilline-acide clavulanique, VAN : Vancomycine.

### **3.2.7. La recherche phénotypique des mécanismes de résistance aux antibiotiques**

Certaines études ont utilisé des tests supplémentaires pour détecter la présence des enzymes spécifiques responsables de la résistance à certains antibiotiques:

Pour Loucif *et al.* (2016) le dépistage de l'activité de la carbapénémase à été réalisé par le test de Hodge modifié (MHT) et le test Carba NP modifié (MCNP).

De plus, Loucif *et al.* (2016) et Al Marjani *et al.* (2017) utilisent le test de synergie à double disque (DDST) pour la détection des BLSE.

Loucif *et al.* (2017) et Al Marjani *et al.* (2017) ont utilisé le test Imipenem-EDTA pour la détection des metallo- $\beta$ -lactamases.

---

# Résultats et Discussion

---

#### 4.1. Partie 1 : Travail personnel

##### 4.1.1. Les isolats du tube digestif des blattes

La purification des souches bactériennes nous a permis d'isoler 18 bactéries.

##### 4.1.1.1. L'examen macroscopique

Après avoir purifié les souches isolées du tube digestif des cafards, nous avons obtenu différents types de colonies. Cela est indiqué dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 7.** L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir de la gélose nutritive.

Cafard	Aspect macroscopique
1	Petites colonies, circulaires, planes et régulières.
2	Petites colonies, circulaires, planes et régulières.
3	Petites colonies, circulaires, planes et régulières.

**Tableau 8.** L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir de la gélose au sang.

Cafard	Aspect macroscopique
2	Colonies circulaires, marron et planes, entouré d'un halo clair.
3	Colonies circulaires, marron et planes, entouré d'un halo clair.
4	Colonies régulières, circulaires, crémeuses et planes.
5	Colonies régulières, circulaires, crémeuses et planes.
6	Colonies régulières, circulaires, crémeuses et planes.
8	Colonies régulières, circulaires, crémeuses et planes.
9	Colonies régulières, circulaires, crémeuses et planes.
10	Colonies régulières, circulaires, crémeuses et planes.

**Tableau 9.** L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir du Mac Conkey.

Cafard	Aspect macroscopique
2	Colonies irrégulières, roses et planes.
4	Colonies régulières, roses et planes.

6	Colonies circulaires, régulières et planes.
8	Colonies roses, circulaires, régulières et planes.
9	Colonies roses, circulaires, régulières et planes.
10	Colonies roses, circulaires, régulières et planes.

**Tableau 10.** L'aspect macroscopique des souches purifiées à partir de milieu Chapman.

Cafard	Aspect macroscopique
3	Colonies circulaires, jaunes et régulières.

#### 4.1.1.2. Examen microscopique

Après coloration de Gram des souches purifiées, nous avons révélé 6 souches cocci Gram positive et 12 souches bacille Gram négative.

**Tableau 11.** L'aspect microscopique des souches purifiées à partir de la gélose nutritive.

Cafard	Aspect microscopique
1	Cocci à Gram positive en chaînettes.
2	Cocci à Gram positive en chaînettes.
3	Cocci à Gram positive en chaînettes.

**Tableau 12.** L'aspect microscopique des souches purifiées à partir de la gélose au sang.

Cafard	Aspect microscopique
2	Cocci à Gram positive en chaînettes.
3	Cocci à Gram positive en chaînettes.
4	Bacilles à Gram négatif, longs et fins.
5	Bacilles à Gram négatif.
6	Bacilles à Gram négatif, longs et fins.
8	Petits bacilles à Gram négatif.

9	Petits bacilles à Gram négatif.
10	Petits bacilles à Gram négatif, groupés en amas

**Tableau 13.** L'aspect microscopique des souches purifiées à partir du Mac Conkey.

Cafard	Aspect microscopique
2	Bacilles à Gram négatif.
4	Bacilles à Gram négatif, longs et fins.
6	Petits bacilles à Gram négatif, groupés en amas.
8	Petits bacilles à Gram négatif.
9	Petits bacilles à Gram négatif.
10	Bacilles à Gram négatif, courts et trapus.

**Tableau 14.** L'aspect microscopique des souches purifiées à partir de milieu Chapman.

Cafard	Aspect microscopique
3	Cocci Gram positif, en amas réguliers ou par deux.

**Remarque :** Les résultats de la galerie biochimique classique n'ont pas été présentés car elle n'a pas été faite pour toutes les souches ce qui rend le résultat non significatif.

## 4.2. Partie 2 : Analyse des articles

### 4.2.1. Les bactéries portées par les blattes

Un large éventail de bactéries a été isolé des cafards (intestins et surfaces externes) dans différents milieux de culture.

Les résultats ont montré qu'il existe de nombreux agents pathogènes bactériens transportés et hébergés par les cafards résidant dans les hôpitaux (Tilahun *et al.*, 2012 ; Pai, 2013 ; Tine *et al.*, 2014 ; Brown *et al.*, 2014 ; Loucif *et al.*, 2016 ; Loucif *et al.*, 2017 ; Al Marjani *et al.*, 2017 ) et dans les restaurants et les habitats (Wannigama *et al.*, 2013 ; Ghasemi *et al.*, 2015 ; Islam *et al.*, 2016). Les deux ensembles y compris l'hôpital et les environnements non hospitaliers. (Xue *et al.*, 2009 ; Fakoorziba *et al.*, 2010 ; Moges *et al.*, 2016 )

Cependant, Loucif *et al.* (2016) ont rapporté pour la première fois l'identification d'*Entérobacteriaceae* « *Citrobacter farmeri*, *Citrobacter koseri* et *Enterobacter kobei* » en Algérie chez les cafards allemands.

D'autre part, Wannigama *et al.* (2013) ont trouvé Sept espèces différentes des entérobactéries (*Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Salmonella spp*, *Citrobacter freundii* et *Proteus mirabilis*), qui ont été portées par les cafards de ménages et les établissements de manutention des aliments. Ces espèces peuvent provoquer des infections des voies urinaires et des plaies, la typhoïde, la diarrhée, la pneumonie, la gastro-entérite et les infections respiratoires.

Tine *et al.* (2014) a révélé également une contamination bactérienne de tous les cafards allemands collectés sur le site enquêté (les maisons et les hôpitaux), tout en examinant la diversité bactérienne de ces insectes en les isolants et les identifiants. Cette prévalence élevée des micro-organismes hébergés dans le corps des insectes présage des risques pour la santé publique et la transmission des infections nosocomiales.

En revanche, Al Marjani *et al.* (2017) indiquent que la bactérie isolée la plus commune provenant des blattes s'est avérée être *Klebsiella pneumoniae*.

En outre, les résultats de Tilahun *et al.* (2012) montrent qu'il existe de nombreux agents pathogènes bactériens transportés et hébergés par les cafards résidant dans l'unité de soins néonataux intensifs de l'hôpital. Ces agents pathogènes sont des causes courantes de septicémie nosocomiale néonatale.

Pour Xue *et al.* (2009), des bactéries (55 espèces) ont été isolées des blattes allemandes. Ces blattes abritaient 18 espèces bactériennes connues pour être pathogènes ou potentiellement pathogènes.

Les bactéries isolées de chaque étude sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 15.** Les isolats bactériens identifiés à partir des cafards.

Référence	Pays	N	Organismes isolés
(Tine <i>et al.</i> , 2014)	Algérie	46	Entérobactéries, <i>Pseudomonas sp</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus sp</i> .
(Loucif <i>et al.</i> , 2016)	Algérie	10	<i>Citrobacter amalonaticus</i> , <i>Citrobacter farmeri</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Citrobacter koseri</i> , <i>Enterobacter kobei</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> .
(Loucif <i>et al.</i> , 2017)	Algérie	10	<i>Pseudomonas putida</i> .
(Brown <i>et al.</i> , 2014)	Ghana	20	<i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptocoque spp</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterobacter spp</i> , <i>Citrobacter spp</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>Acinetobacter spp</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella spp</i> .
(Islam <i>et al.</i> , 2016)	Bangladesh	150	<i>Staphylococcus aureus</i> .
(Al Marjani <i>et al.</i> , 2017)	Iraq	30	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Serratia marcescens</i> , Staphylocoques à coagulase négative (SNC), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>E. coli</i> .
(Tilahun <i>et al.</i> , 2012)	Éthiopie	400	<i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Citrobacter spp</i> , <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Providencia rettgeri</i> , <i>Klebsiella ozaenae</i> , <i>Enterobacter aeruginosa</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>Streptocoque non du groupe A</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Acinetobacter spp</i> , <i>Shigella flexneri</i> .
(Moges <i>et al.</i> , 2016)	Éthiopie	60	<i>Staphylococcus aureus</i> , Staphylocoques à coagulase négative, <i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter spp</i> , <i>Enterobacter spp</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>autre Klebsiella spp</i> , <i>Shigella spp</i> , <i>Providencia spp</i> , <i>Serratia spp</i> , <i>Proteus sp</i> , <i>Salmonella spp</i> .
(Solomon <i>et al.</i> , 2018)	Éthiopie	1140	<i>Sallmonella spp</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Eschericia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> .
(Fakoorziba <i>et al.</i> , 2010)	Iran	195	<i>Bacille spp</i> , <i>Enterococcus spp</i> , <i>Staphylococcus spp</i> , <i>Acinetobacter spp</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Autre</i>

			<i>Alcaligenes spp, Pseudomonas spp.</i>
(Ghasemi <i>et al.</i> , 2015)	Iran	110	<i>Escherichia coli.</i>
(Abdolmaleki <i>et al.</i> , 2019)	Iran	530	<i>Staphylococcus aureus.</i>
(Wannigama <i>et al.</i> , 2013)	Inde	203	<i>Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Enterobacter aerogenes, Enterobacter cloacae, Salmonella spp, Citrobacter freundii, Proteus mirabilis, Pseudomonas aeruginosa.</i>
(Pai, 2013)	Taiwan	250	<i>Serratia marcescens, Hafnia alvei, Enterobacter gergoviae, Klebsiella pneumoniae, Morganella morganii ss Siboni, Enterobacter aerogenes, Enterobacter cloacae, Moraxella nonliguefaciens, Providencia rettgeii, Aeromonas jondaei, Citrobacter amalonaticus, Citrobacter freundii, Citrobacter wermanii, Citrobacter youngae, Enteric group 63, Escherichia blattae, Ewingella americans, Klebsiella oxytoca, Klebsiella ozaenae, Klebsiella rhinoscleromatis, Moraxella osloensis, Serratia marcescens, Vibrio damsela, Vibrio vulnificus, Aeromonas caviae, Aeromonas hydrophilia, Enteric group 68, Enterobacter taylorae, Leclercia adecarboxylata, Morganella morganii ss morganii, Myroides odoratum, Plesiomonas shigelloides, Proteus vulgaris, Serratia fonticola, Vibrio parahaemolyticus, Vibrio alginolyticus, Vibrio mimicus, Stenotrophomonas maltophilia, Pseudomonas aeruginosa, Burkholderia cepacia, Pseudomonas fluorescens/putida, Flavobacterium thalpophilum, Alcaligenes faecalis, Comamonas acidovorans, Pseudomonas spp, Acinetobacter lwoffii, Alcaligenes xylooxidans, Eikenella corrodens, Shewanella putrefaciens, Shingomonas paucimobilis, Acinetobacter calcoacticus, Acinetobacter johnsonii, Ochrobactruno anthropi, Oligella urethralis, Pseudomonas stutzeri, Xanthomonas maltophilia, Bacillus spp, Enterococcus Group D, Staphylococcus saprophyticus, Streptococcus spp, Micrococcus spp, Staphylococcus aereus.</i>
(Xue <i>et al.</i> , 2009)	Chine	55	<i>Serratia marcescens, Streptococcus sanguinis, Raoultella terrigena, Pseudomonas tolaasii, Pseudomonas lundensis, Pantoea stewartii, Pantoea</i>

			<p><i>dispersa</i>, <i>Microsporum canis</i>, <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Enterobacter cloacae</i>, <i>Enterobacter Cancerogenus</i>, <i>Enterobacter asburiae</i>, <i>Enterobacter aerogenes</i>, <i>Citrobacter koseri</i>, <i>Citrobacter freundii</i>, <i>Burkholderia caryophylli</i>, <i>Acinetobacter radioresistens</i>, <i>Staphylococcus haemolyticus</i>, <i>Arthrobacter cumminsii</i>, <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>, <i>Bacille cereus</i>, <i>Bacillus licheniformis</i>, <i>Androctonus maroccanus</i>, <i>Bacillus megaterium</i>, <i>Bacillus pumilus</i>, <i>Bacillus subtilis</i>, <i>Cellulosimicrobium cellulans</i>, <i>Enterococcus avium</i>, <i>Enterococcus durans</i>, <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Enterococcus raffinosus</i>, <i>Geobacillus thermoglucosidasius</i>, <i>Kobresia sibirica</i>, <i>Listeria grayi</i>, <i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Macrococcus bovicus</i>, <i>Macrococcus caseolyticus</i>, <i>Macrococcus caseolyticus</i>, <i>Micrococcus luteus</i>, <i>Micrococcus lylae</i>, <i>Staphylococcus lentus</i>, <i>Staphylococcus pasteurii</i>, <i>Staphylococcus saprophyticus</i>, <i>Staphylococcus sciuri</i>, <i>Streptococcus gordonii</i>.</p>
--	--	--	---

N : nombre des cafards

#### 4.2.2. La résistance des bactéries isolées aux antibiotiques

Dans de nombreux cas, il a été signalé que les blattes sont porteuses des bactéries hautement résistantes aux antibiotiques, il est donc important de souligner ces études.

Moges *et al.* (2016) ont montré que 64,1% des bactéries isolées des blattes étaient multirésistantes (résistance à trois classes d'antibiotiques ou plus), *Salmonella spp* représentaient l'une des isolats multirésistants les plus répandus (100%), suivis par *Enterobacter spp.* (90,5%) et *Shigella spp* (76,9%). Cependant, dans cette étude, les bactéries isolées des cafards en milieu hospitalier avaient une prévalence plus élevée de multirésistance (67%) par rapport à celles de la communauté (61,3%).

Le risque de blattes en tant que réservoirs des bactéries résistantes aux antibiotiques dans l'environnement hospitalier a été élucidé par une autre étude de Tilahun *et al.* (2012) réalisée dans l'unité de soins intensifs néonataux d'un hôpital en Éthiopie. Dans cette étude, les principaux agents pathogènes nosocomiaux impliqués dans la septicémie néonatale à l'hôpital, y compris *Klebsiella pneumoniae* et *Klebsiella oxytoca*, ont été isolés des blattes et ces organismes étaient majoritairement multirésistants.

D'autre part, Brown *et al.* (2014) ont montré que plus de 60% des isolats de bacilles entériques à Gram négatif et 90% des *Pseudomonas aeruginosa* et les trois Gram positifs isolées étaient résistants à au moins quatre des antibiotiques testés.

D'après Islam *et al.* (2016), un seul *Staphylococcus aureus* multirésistant a été isolé d'un cafard provenant des habitats et des restaurants. Le niveau de résistance le plus élevé du *Staphylococcus spp* a été trouvé vis-à-vis la pénicilline (68%) suivie par l'érythromycine (60%), l'oxacilline (46%) et la clindamycine (31%).

Les résultats de Tine *et al.* (2014) indiquent que toutes les souches de *Pseudomonas aeruginosa* isolées étaient résistantes à la plupart des antibiotiques testés, notamment: l'oxacilline, l'ampicilline, le céfuroxime, la pristinamycine, l'acide fusidique, l'érythromycine, la vancomycine et la spiramycine. Et tous les *Staphylococcus aureus* isolés se sont révélés très résistants à l'oxacilline (62,5%) et à l'ampicilline (75%), (87,5%) pour l'acide fusidique et (75%) pour l'érythromycine.

Al Marjani *et al.* (2017) ont trouvé que tous les isolats bactériens étaient multirésistants, la résistance était de 100% à l'ampicilline, à l'amoxicilline + acide clavulanique, à la céphalexine et à la ceftriaxone.

Dans l'étude de Pai (2013), une résistance vis-à-vis 12 antibiotiques étaient déterminée à partir des bactéries isolées des cafards testés. La plupart des bactéries Gram négatives isolées ont des résistances à l'ampicilline et céphalothine. *Pseudomonas aeruginosa* a montré une résistance à l'imipénème, ceftazidime et céfépime alors que les *Acinetobacter* n'ont qu'une résistance à l'imipénème. De plus, les bactéries à Gram positif se sont avérées avoir 100% de résistances à l'oxacilline et à l'acide pipémidique.

Pour Solomon *et al.* (2018) La résistance aux antibiotiques et le profil MDR des isolats de bactéries observés dans cette étude sont très inquiétants. Le taux des bactéries multirésistantes global était de 89,0%. Cette multirésistance était plus élevée chez les bactéries à Gram positif. *Staphylococcus aureus* a montré une résistance de 53,3% contre l'oxacilline (SARM) et 33,3% contre la vancomycine. De même tous les isolats de *Shigella flexneri* étaient MDR et environ 18 (81,8%) des *Salmonella spp.* étaient également MDR.

Cependant, pour Wannigama *et al.* (2013), *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa* ont été les souches les plus répandues et les plus résistantes aux antibiotiques qui ont été isolées des blattes avec une résistance à 100% au sulfaméthoxazole / triméthoprimine et à l'ampicilline. Pour *Escherichia coli* et *Citrobacter freundii*, ont présenté une multi-

résistance à quatre antibiotiques testés et *Enterobacter aerogenes* et *Proteus mirabilis* vis à vis trois antibiotiques.

Pour Ghasemi *et al.* (2015) le profil de sensibilité aux antibiotiques des isolats d'*Escherichia coli* étudiés a montré des taux de résistance de 0%, 4,9%, 69,5%, 80,5%, 88,1% et 78,2% vis-à-vis l'imipénème, l'amikacine, céfépime, ceftazidime, l'aztréonam et ceftriaxone, respectivement.

Abdolmaleki *et al.* (2019) ont indiqué que les souches de SARM isolées à partir des blattes hospitalières abritaient une prévalence relativement élevée de résistance aux antibiotiques testés. Les isolats de SARM d'échantillons de lavage externes présentaient la plus forte prévalence de résistance à la pénicilline (100%), à la ceftaroline (100%), à la tétracycline (100%), à la gentamicine (83,33%) et au triméthoprime-sulfaméthoxazole (80,55%). Les souches de SARM isolées d'échantillons de contenu intestinal présentaient la prévalence la plus élevée de résistance à la pénicilline (100%), à la ceftaroline (100%), à la tétracycline (100%), au triméthoprime-sulfaméthoxazole (80%) et à la gentamicine (73,33%).

Les résultats de cette étude signifieraient l'émergence du SARM dans l'environnement et la probabilité potentielle de dissémination de ces souches par le biais des vecteurs mécaniques tels que les cafards. Les souches de SARM sont considérées comme d'importants agents pathogènes d'origine alimentaire dans le monde entier. Donc, la prévalence chez les blattes des hôpitaux peut influencer sur leur présence dans les échantillons alimentaires des hôpitaux.

Pour Loucif *et al.* (2016), les isolats bactériens des cafards hospitaliers tels que des espèces appartient à la famille des *Enterobacteriaceae* présentant différents niveaux de résistance aux antibiotiques. *Citrobacter amalonaticus* résistante à l'amoxicilline, cefotaxime, ceftazidime, cefepime, aztreoname, gentamicine, triméthoprime-sulfaméthoxazole. *Enterobacter cloacae* résistante à l'amoxicilline, amoxicilline + acide clavulanique, cefoxitine, cefotaxime, ceftazidime, cefepime, aztreoname, tobramycine, gentamicine. *Klebsiella oxytoca* résistante à l'amoxicilline, cefotaxime, ceftazidime, cefepime, aztreoname, tobramycine, gentamicine, triméthoprime-sulfaméthoxazole.

D'après Loucif *et al.* (2017), *Pseudomonas putida* isolés dans l'hôpital était résistant à la ticarcilline, la ticarcilline-clavulanate, la pipéracilline, la pipéracilline-tazobactame, la ceftazidime, l'imipénème, la méropénème, la gentamicine et la tobramycine. Qui peuvent présenter une menace sérieuse pour la santé.

### 4.2.3. Les mécanismes phénotypiques de la résistance aux antibiotiques

Loucif *et al.* (2016) ont rapporté l'isolement des *Enterobacteriaceae* productrice de beta-lactamase à spectre étendu (BLSE), et productrice de carbapénémase hébergeaient dans des cafards allemands capturés dans l'unité des brûlés de l'hôpital universitaire de Batna en Algérie.

D'autre part, Le MHT (le test Hodge modifié) et le test MCNP (le test Carba NP modifié) étaient positifs pour un seul *Enterobacter cloacae* isolé. Selon les résultats de l'antibiogramme, certains des souches pourraient exprimer d'autres bêta-lactamases non recherchées dans cette étude.

Le DDST (le test de synergie à double disque) était positif pour 11 des 12 isolats pour Loucif *et al.* (2016) et 9 (42,8%) des isolats bactériens de blattes étaient positive pour Al Marjani *et al.* (2017).

Le test Imipénème-EDTA était positif pour Loucif *et al.* (2017) et quatre (19%) des isolats étaient positifs pour Al Marjani *et al.* (2017).

Les résultats représentent un important problème de santé publique concernant la présence des blattes notamment en milieu hospitalier et également leur grande importance en tant que vecteur dangereux des souches pathogènes multirésistantes aux antibiotiques en milieu hospitalier.

---

# **Conclusion et perspectives**

---

## Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons exprimer son importance, surtout dans l'aspect sanitaire et la propagation des infections bactériennes.

Cette étude montre la grande importance des blattes en tant que réservoirs dangereux pour l'hébergement de souches pathogènes et résistantes aux antibiotiques notamment en milieu hospitalier et leur transmission à la population humaine. De plus, avec un taux considérable de ces bactéries, les cafards peuvent provoquer une épidémie bactérienne dans les hôpitaux.

Les résultats de la littérature indiquent le rôle important des blattes dans l'épidémiologie des infections nosocomiales, comme il a été mentionné par Tilahun *et al.* (2012), Ce qui est une preuve ultime du danger de ces insectes à l'hôpital.

D'autre part, ces blattes peuvent transmettre des bactéries qui causent des intoxications alimentaires, des infections gastro-intestinales et d'autres maladies d'origine alimentaire, en particulier dans les restaurants, tout en apportant sur l'hygiène à l'environnement du travail. (Wannigama *et al.*, 2013 ; Ghasemi *et al.*, 2015)

En ce qui concerne la résistance aux antibiotiques, la présence des BMR représente le plus grand danger, tel que les SARM, cela a été révélé par Abdolmaleki *et al.* (2019) et également les *Enterobacteriaceae* productrices des BLSE comme il a été mentionné par Loucif *et al.* (2016) et Al Marjani *et al.* (2017). Et aussi, les carbapénémase telle que les MBL comme il a été référencé par Loucif *et al.* (2017) et Al Marjani *et al.* (2017).

Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour prouver que les blattes sont un vecteur efficace de résistance aux antibiotiques entre les bactéries.

Compte tenu du risque microbien pour la santé humaine associé aux blattes, il devrait y avoir une tolérance zéro pour leur présence dans les établissements de santé. Le contrôle des blattes dans les établissements de santé pourrait également impliquer un assainissement approprié de l'équipement et des installations pour éliminer la saleté et les débris alimentaires.

Pour les établissements de manipulation des aliments, les soins nécessaires sont essentiels pendant la transformation des aliments, la manipulation par les travailleurs et le stockage afin que les cafards ne puissent pas propager les bactéries.

---

# **Bibliographie**

---

---

**Bibliographie****A**

- Abdolmaleki, Z., Mashak, Z., & Dehkordi, F. S. (2019). Phenotypic and genotypic characterization of antibiotic resistance in the methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains isolated from hospital cockroaches. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 8(1), 1-14.
- ALMarjani, M. F., Abdulra, R. A., Zahraa, A. K., Reyam, I. D., & Khiaria, J. T. (2017). Cockroaches (*Periplaneta americana*): Reservoirs of metallo- $\beta$ -lactamase and extended spectrum  $\beta$ -lactamase-producing bacteria in medical city hospital in Baghdad, Iraq. *Pak. J. Biotechnol*, 14(3), 317-321.
- Anacarso, I., Iseppi, R., Sabia, C., Messi, P., Condò, C., Bondi, M., & De Niederhäusern, S. (2016). Conjugation-mediated transfer of antibiotic-resistance plasmids between *Enterobacteriaceae* in the digestive tract of *Blaberus craniifer* (Blattodea: Blaberidae). *Journal of medical entomology*, 53(3), 591-597.

**B**

- Bell, W. J., Roth, L. M., Nalepa, C.A. (2007). *Cockroaches: Ecology, Behavior, and Natural History*, JHU Press: America.
- Beveridge, t. J. (2001). Use of the gram stain in microbiology. *Biotechnic & histochemistry*, 76(3), 111-118.
- Bouguenoun W.2017. Étude de la résistance aux antibiotiques des bactéries incriminées dans les infections nosocomiales et leur dissémination dans l'environnement hospitalier de la région de Guelma. Thèse de doctorat d'état, université Badji Mokhtar, Annaba, 170p.
- Brisson, L. (2018). Apprivoisement de l'hôte et domestication de sa flore commensal: antibiorésistance des *E. coli* isolées des fèces d'animaux sauvages captifs et non captifs (Doctoral dissertation).
- Brown, C., & Alhassan, A. N. (2014). Multiple-antibiotic-resistant bacteria from cockroaches trapped from a public hospital and a nearby students' hostel in Accra, Ghana. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4), 1859.

- Buard, Élodie. 2013. Thèse. « Dynamiques des interactions espèces - espace: mise en relation des pratiques de déplacement des populations d'herbivores et de l'évolution de l'occupation du sol dans le parc de Hwange (Zimbabwe) » Thèse de doctorat. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 203 p.

## C

- Cheesbrough, M. (2006). District laboratory practice in tropical countries, part 2. Cambridge university press.
- Copeland, M. (2004). Cockroach, Reaktion Books. (pp 86 - 88).

## D

- Delmont, J., Pichard, E., Jaureguiberry, S., Marchou, B., Parola, P., Simon, F., ... & Berry, A. (2012). e-Pilly TROP Maladies infectieuses tropicales.

## F

- Fakoorziba, M. R., Eghbal, F., Hassanzadeh, J., & Moemenbellah-Fard, M. D. (2010). Cockroaches (*Periplaneta americana* and *Blattella germanica*) as potential vectors of the pathogenic bacteria found in nosocomial infections. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 104(6), 521-528.
- Fernández, Lucía, et Robert E. W. Hancock. 2012. « Adaptive and Mutational Resistance: Role of Porins and Efflux Pumps in Drug Resistance ». *Clinical Microbiology Reviews* 25 (4): 661-81.
- Fyfe, C., Grossman, T. H., Kerstein, K., & Sutcliffe, J. (2016). Resistance to macrolide antibiotics in public health pathogens. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 6(10), a025395.

## G

- GHASEMI-DEHKORDI, P., Doosti, A., Doosti, E., Noshadi, E., & Arshi, A. (2016). Antimicrobial susceptibility patterns of *Escherichia coli* isolates from cockroaches in southwestern Iran. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 19(1).
- Gliniewicz, A., Sawicka, B., & Mikulak, E. (2006). Pest control and pesticide use in hospitals in Poland. *Indoor and Built Environment*, 15(1), 57-61.

- Guiraud J-P. (2012). Microbiologie alimentaire. DUNOD. Paris. p. 253-254.

## H

- Harwood, R. F., & James, M. T. (1979). *Entomology in human and animal health* (No. 7th edition). Macmillan Publishing Co. Inc. New York; Baillière Tindall, 35 Red Lion Square, London WC1R 4SG..
- Headrick, D. H., & Gordh, G. (2009). Anatomy: head, thorax, abdomen, and genitalia. In *Encyclopedia of insects* (pp. 11-21). Academic Press

## I

- Islam, A., Nath, A. D., Islam, K., Islam, S., Chakma, S., Hossain, M. B., ... & Hassan, M. M. (2016). Isolation, identification and antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* in Cockroaches (*Periplaneta americana*). *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 3(3), 221-228.

## J

- Joffin J. N. et Leyral G. (2006). Microbiologie technique, Tome1 : Dictionnaire des techniques, 4e édition. Edition CRDP d'aquitaine.

## K

- Khalaji, Y., Doosti, A., & Ghorbani-Dalini, S. (2013). Molecular evaluation of antibiotic resistance prevalence in *Pseudomonas aeruginosa* isolated from cockroaches in Southwest Iran. *International Journal of medicine and Medical sciences*, 5(9), 420-424.

## L

- Leulmi Z. K.2015. Les Proteus incriminés dans les infections communautaires et hospitalières: étude moléculaire de la résistance aux antibiotiques. Thèse de doctorat d'état, université des Frères Mentouri Constantine, Algérie, 227p.
- Lien, L. T. Q. (2018). Antibiotic resistance: Implications of hospital practices for public health: A study from Hanoi, Vietnam. *Inst för folkhälsovetenskap/Dept of Public Health Sciences*

- Loucif, L., Gacemi-Kirane, D., Cherak, Z., Chamlal, N., Grainat, N., & Rolain, J. M. (2016). First report of German cockroaches (*Blattella germanica*) as reservoirs of CTX-M-15 extended-spectrum- $\beta$ -lactamase-and OXA-48 carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in Batna University Hospital, Algeria. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 60(10), 6377-6380.
- Loucif, L., Cherak, Z., Chamlal, N., Bendjama, E., Gacemi-Kirane, D., Grainat, N., & Rolain, J. M. (2017). First detection of VIM-2 metallo- $\beta$ -lactamase-producing *Pseudomonas putida* in *Blattella germanica* cockroaches in an Algerian hospital. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 61(8).

## M

- Mangin, L. (2016). Antibiotiques et résistances: enquête sur les connaissances et les comportements du grand public.
- Memona, H., Manzoor, F., & Riaz, S. (2017). Species Diversity and Distributional Pattern of Cockroaches in Lahore, Pakistan. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 11(2), 249.
- Meziani M. 2012. Contribution du diagnostic biochimique bactérien dans l'établissement des parentés phylogénétiques: Cas des entérobactéries et pseudomonas. Thèse de magister, université Mentouri, Constantine, 67 pages.
- Minarini, L. A., & Darini, A. L. C. (2012). Mutations in the quinolone resistance-determining regions of *gyrA* and *parC* in *Enterobacteriaceae* isolates from Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4), 1309-1314.
- Minor C. and Richard C. (1993). Méthodes de laboratoire pour identification des entérobactéries. Institut Pasteur, France. 217p.
- Mehainaoui, A., Menasria, T., Benouagueni, S., Benhadj, M., Lalaoui, R., & Gacemi-Kirane, D. Rapid screening and characterization of bacteria associated with hospital cockroaches (*Blattella germanica*) using MALDI-TOF mass spectrometry. *Journal of Applied Microbiology*.
- Menasria, T., Moussa, F., El-Hamza, S., Tine, S., Megri, R., & Chenchouni, H. (2014). Bacterial load of German cockroach (*Blattella germanica*) found in hospital environment. *Pathogens and global health*, 108(3), 141-147.

- Moges, F., Eshetie, S., Endris, M., Huruy, K., Muluye, D., Feleke, T., ... & Nagappan, R. (2016). Cockroaches as a source of high bacterial pathogens with multidrug resistant strains in Gondar town, Ethiopia. *BioMed research international*, 2016.
- Moroh, J. L. A. (2013). Résistance bactérienne et phytomolécules antimicrobiennes issues de *Morinda morindoides* (Doctoral dissertation, Université de Bretagne occidentale-Brest).
- Munck, C. (2014). Antibiotic Resistance: Adaptive Evolution & Dissemination of Resistance Genes.

## N

- Naher, A., Afroz, S., & Hamid, S. (2018). Cockroach associated foodborne pathogens: Distribution and antibiogram. *Bangladesh Medical Research Council Bulletin*, 44(1), 30-38.

## P

- Pai, H. H. (2013). Multidrug resistant bacteria isolated from cockroaches in long-term care facilities and nursing homes. *Acta tropica*, 125(1), 18-22.
- Palmer, A. C., & Kishony, R. (2014). Opposing effects of target overexpression reveal drug mechanisms. *Nature communications*, 5(1), 1-8.

## R

- Reiner, k. (2010). Catalase test protocol. *Asm microbelibrary*.
- Riegel, p. (2018). Caractères phénotypiques et identification bactérienne. *Actualites permanentes en microbiologie clinique*, 17(03), 16-16.
- Risco, O., Díaz, C., Fuentes, G., Martínez, M. D., Fernández, C., Cordoví, R., ... & Herrera, N. (2010). *Blatella germanica* as a possible cockroach vector of microorganisms in a hospital. *Journal of Hospital Infection*, 74(1), 93-95.
- Roth, L. M., & Willis, E. R. (1960). The biotic associations of cockroaches. *Smithsonian Miscellaneous Collections*.

- Rozendaal, J. A. (1997). Vector control: methods for use by individuals and communities. World Health Organization.

## S

- Saitou, K., Furuhashi, K., Kawakami, Y., & Fukuyama, M. (2009). Isolation of *Pseudomonas aeruginosa* from cockroaches captured in hospitals in Japan, and their antibiotic susceptibility. *Biocontrol science*, 14(4), 155-159.
- Solbi, S. 2013. Effet du repiquage de *Pseudomonas aeruginosa* sur les caractères morphologiques, biochimiques et sensibilités aux antibiotiques. Thèse de doctorat d'état, université de Mohammed V-Souissi, Rabat, 79p.
- Shields, P., & Cathcart, L. (2010). Oxidase test protocol.
- Smet, Annemieke, An Martel, Davy Persoons, Jeroen Dewulf, Marc Heyndrickx, Lieve Herman, Freddy Haesebrouck, et Patrick Butaye. 2010. « Broad-Spectrum  $\beta$ -Lactamases among *Enterobacteriaceae* of Animal Origin: Molecular Aspects, Mobility and Impact on Public Health ». *FEMS Microbiology Reviews* 34 (3): 295-316.
- Solomon, F., Kibru, G., & Ali, S. (2018). Multidrug-resistant pattern of food borne illness associated bacteria isolated from cockroaches in meal serving facilities, Jimma, Ethiopia. *African health sciences*, 18(1), 32-40.

## T

- Tachbele, E., Erku, W., Gebre-Michael, T., & Ashenafi, M. (2006). Cockroach-associated food-borne bacterial pathogens from some hospitals and restaurants in Addis Ababa, Ethiopia: Distribution and antibiograms. *Journal of Rural and Tropical Public Health*, 5(1), 34-41.
- Thomsen, T. T. (2016). Peptide antibiotics for ESKAPE pathogens: Past, present and future perspectives of antimicrobial peptides for the treatment of serious Gram-negative and Gram-positive infections (Doctoral dissertation, Department of Biology, Faculty of Science, University of Copenhagen).
- Tilahun, B., Worku, B., Tachbele, E., Terefe, S., Kloos, H., & Legesse, W. (2012). High load of multi-drug resistant nosocomial neonatal pathogens carried by

cockroaches in a neonatal intensive care unit at Tikur Anbessa specialized hospital, Addis Ababa, Ethiopia. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 1(1), 12.

- Tine, S., Souad, E., Mahcene, D., Moussa, F., Benammar, L., & Mekahlia, M. N. (2014). A survey of the possible role of German cockroaches as a source for bacterial pathogens. *JAAS*, 1, 67-70.

## U

- Uçkay, I., Sax, H., Di Pietro, S. L., Baur, H., Boulch, M. F., Akakpo, C., ... & Pittet, D. (2009). Cockroaches (*Ectobius vittiventris*) in an intensive care unit, Switzerland. *Emerging infectious diseases*, 15(3), 496.

## V

- Vittecoq, Marion, Sylvain Godreuil, Franck Prugnotte, Patrick Durand, Lionel Brazier, Nicolas Renaud, Audrey Arnal, et al. 2016. « Antimicrobial Resistance in Wildlife ». *Journal of Applied Ecology* 53 (2): 519-29.

## W

- Wannigama, D. L., Dwivedi, R., & Zahraei-Ramazani, A. (2014). Prevalence and antibiotic resistance of gram-negative pathogenic bacteria species isolated from *Periplaneta americana* and *Blattella germanica* in Varanasi, India. *Journal of arthropod-borne diseases*, 8(1), 10.

## X

- Xue, F. U., Lefu, Y. E., & Feng, G. E. (2009). Habitat influences on diversity of bacteria found on German cockroach in Beijing. *Journal of Environmental Sciences*, 21(2), 249-254.

## Z

- Zurek, L., & Ghosh, A. (2014). Insects represent a link between food animal farms and the urban environment for antibiotic resistance traits. *Applied and environmental microbiology*, 80(12).

---

# **Annexes**

---

## **Annexe 1 : Coloration de Gram**

### **Prélèvement**

- A partir d'un milieu solide : réaliser une suspension en eau physiologique à partir d'une culture jeune et prélever un aliquote de suspension à l'anse de platine.

### **Faire un frottis**

- Nettoyer une lame à l'alcool.
- Déposer une goutte d'H<sub>2</sub>O sur la lame.
- Toucher une colonie à l'aide d'une pointe jaune ou d'un cure-dent stérile pour prélever des bactéries. IL n'est pas nécessaire de prendre beaucoup de bactéries.
- Frotter la pointe dans la goutte d'eau. Laisser sécher à l'air.
- Passer 3 fois la lame dans la petite flamme (veilleuse) du bec Bunsen pour fixer l'échantillon à la chaleur.

### **Coloration et explications:**

- Déposer quelques gouttes de solution de violet de gentiane (cristal violet) sur le frottis fixé.
- Laisser agir 1 minute. Le violet de gentiane colore le cytoplasme des bactéries.
- Jeter l'excès de colorant dans un bécher.
- Rincer très brièvement en faisant couler de l'H<sub>2</sub>O sur la lame au-dessus du frottis (pas directement sur le frottis).
- Déposer quelques gouttes de lugol sur le frottis. Le Lugol (composé iodé) est un mordant qui permet de fixer le violet dans les bactéries.
- Laisser agir 1 minute.
- Jeter la solution de Lugol dans un bécher et rincer brièvement à l'H<sub>2</sub>O comme précédemment décrit.
- Décolorer en faisant couler la solution de décoloration sur la lame jusqu'à ce que le violet ne s'écoule plus du frottis (5 à 10 secondes). La solution de décoloration contient l'alcool. Les pores de la paroi des Gram positive sont fermés par la déshydratation à l'alcool. La paroi est alors imperméable et le colorant violet reste dans les bactéries. La membrane des Gram négatif est dissoute par le mélange alcool-

acétone. La paroi plus mince et de composition différente laisse alors sortir la coloration violette.

- Rincer à l'H<sub>2</sub>O.
- Contre-colorer en déposant la solution de fuchsine (rose) pendant 1 minute. Ce colorant permet de visualiser les bactéries Gram négatif décolorées à l'étape précédente. Cette coloration moins forte que le violet n'affecte pas la couleur des Gram+.
- Rincer à l'H<sub>2</sub>O.
- Laisser sécher à l'air.
- Observer au microscope (grossissement x400 ou, avec une goutte d'huile à immersion, au grossissement x1000).

**Annexe 2 : Les articles**

1. Abdolmaleki, Z., Mashak, Z., & Dehkordi, F. S. (2019). Phenotypic and genotypic characterization of antibiotic resistance in the methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains isolated from hospital cockroaches. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 8(1), 1-14.
2. Brown, C., & Alhassan, A. N. (2014). Multiple-antibiotic-resistant bacteria from cockroaches trapped from a public hospital and a nearby students' hostel in Accra, Ghana. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4), 1859.
3. ALMarjani, M. F., Abdulra, R. A., Zahraa, A. K., Reyam, I. D., & Khiaria, J. T. (2017). Cockroaches (*Periplaneta americana*): Reservoirs of metallo- $\beta$ -lactamase and extended spectrum  $\beta$ -lactamase-producing bacteria in medical city hospital in Baghdad, Iraq. *Pak. J. Biotechnol*, 14(3), 317-321.
4. Fakoorziba, M. R., Eghbal, F., Hassanzadeh, J., & Moemenbellah-Fard, M. D. (2010). Cockroaches (*Periplaneta americana* and *Blattella germanica*) as potential vectors of the pathogenic bacteria found in nosocomial infections. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 104(6), 521-528.
5. GHASEMI-DEHKORDI, P., Doosti, A., Doosti, E., Noshadi, E., & Arshi, A. (2016). Antimicrobial susceptibility patterns of *Escherichia coli* isolates from cockroaches in southwestern Iran. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 19(1).
6. Islam, A., Nath, A. D., Islam, K., Islam, S., Chakma, S., Hossain, M. B., ... & Hassan, M. M. (2016). Isolation, identification and antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* in Cockroaches (*Periplaneta americana*). *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 3(3), 221-228.
7. Loucif, L., Gacemi-Kirane, D., Cherak, Z., Chamlal, N., Grainat, N., & Rolain, J. M. (2016). First report of German cockroaches (*Blattella germanica*) as reservoirs of CTX-M-15 extended-spectrum- $\beta$ -lactamase-and OXA-48 carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in Batna University Hospital, Algeria. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 60(10), 6377-6380.
8. Loucif, L., Cherak, Z., Chamlal, N., Bendjama, E., Gacemi-Kirane, D., Grainat, N., & Rolain, J. M. (2017). First detection of VIM-2 metallo- $\beta$ -lactamase-producing *Pseudomonas putida* in *Blattella germanica* cockroaches in an Algerian hospital. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 61(8).

9. Moges, F., Eshetie, S., Endris, M., Huruy, K., Muluye, D., Feleke, T., ... & Nagappan, R. (2016). Cockroaches as a source of high bacterial pathogens with multidrug resistant strains in Gondar town, Ethiopia. *BioMed research international*, 2016.
10. Pai, H. H. (2013). Multidrug resistant bacteria isolated from cockroaches in long-term care facilities and nursing homes. *Acta tropica*, 125(1), 18-22.
11. Solomon, F., Kibru, G., & Ali, S. (2018). Multidrug-resistant pattern of food borne illness associated bacteria isolated from cockroaches in meal serving facilities, Jimma, Ethiopia. *African health sciences*, 18(1), 32-40.
12. Tilahun, B., Worku, B., Tachbele, E., Terefe, S., Kloos, H., & Legesse, W. (2012). High load of multi-drug resistant nosocomial neonatal pathogens carried by cockroaches in a neonatal intensive care unit at Tikur Anbessa specialized hospital, Addis Ababa, Ethiopia. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 1(1), 12.
13. Tine, S., Souad, E., Mahcene, D., Moussa, F., Benammar, L., & Mekahlia, M. N. (2014). A survey of the possible role of German cockroaches as a source for bacterial pathogens. *JAAS*, 1, 67-70.
14. Wannigama, D. L., Dwivedi, R., & Zahraei-Ramazani, A. (2014). Prevalence and antibiotic resistance of gram-negative pathogenic bacteria species isolated from *Periplaneta americana* and *Blattella germanica* in Varanasi, India. *Journal of arthropod-borne diseases*, 8(1), 10.
15. Xue, F. U., Lefu, Y. E., & Feng, G. E. (2009). Habitat influences on diversity of bacteria found on German cockroach in Beijing. *Journal of Environmental Sciences*, 21(2), 249-254.

## الملخص

الصراصير شائعة في كل بيئات المستشفيات و غير المستشفيات، خاصة في البلدان النامية. و بالتالي ، يمكن ان تكون الصراصير خزاناً مهماً و ناقلاً ميكانيكياً لمسببات الامراض ، بما في ذلك المكورات العنقودية الذهبية ، الزائفة الزنجارية ، الإشريكية القولونية والكليسيلا الرئوية. من ناحية أخرى ، فإن الصراصير هي ناقلات للبكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية ذات الأهمية الوبائية مثل المكورات العنقودية الذهبية المقاومة للميثيسيلين ، وغيرها من السلالات المنتجة للبيتا لاكتاماز. لذلك ، فإن وجودهم في المرافق الصحية ومؤسسات الطعام والشراب العامة يعتبر خطيراً لأنه يمكن أن يسبب عدوى المستشفيات و / أو التسمم الغذائي. يهدف هذا العمل إلى توضيح الدور المحتمل للصراصير في انتقال البكتيريا المسببة للأمراض ومقاومة المضادات الحيوية من خلال المنشورات البحثية ذات الصلة.

**الكلمات المفتاحية :** الصراصير ، البكتيريا ، المقاومة ، المضادات الحيوية.

## Résumé

Les blattes sont courantes dans les environnements hospitaliers et non hospitaliers, en particulier dans les pays en voie de développement. Ainsi, les blattes pourraient être un réservoir important et un vecteur mécanique d'agents pathogènes, y compris *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, et *Klebsiella pneumoniae*. D'autre part, les cafards sont des vecteurs des bactéries résistantes aux antibiotiques, importantes sur le plan épidémiologique, tels que *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline, et d'autres souches productrices des  $\beta$ -lactamases. Par conséquent, leur présence dans les établissements de santé et les établissements publics d'alimentation et de boissons devrait être dangereux car elles peuvent causer des infections nosocomiales et/ou des intoxications alimentaires. Ce travail vise à élucider le rôle possible des cafards dans la transmission des bactéries pathogènes et résistantes aux antibiotiques en passant par des publications de recherche pertinentes.

**Les mots clés :** cafards, bactéries, résistance, antibiotiques.

## Summary

Cockroaches are common in both hospital and non-hospital settings, especially in developing countries. Thus, cockroaches can be an important reservoir and mechanical vector for pathogens, including *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, and *Klebsiella pneumoniae*. On the other hand, cockroaches are carriers of epidemiologically important antibiotic-resistant bacteria, such as Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, and other strains producers of  $\beta$ -lactamases. Therefore, their presence in health facilities and public food and drink establishments is considered dangerous because it can cause food poisoning. This work aims to elucidate the potential role of cockroaches in pathogen transmission and antibiotic resistance through relevant research publications.

**The key words:** cockroaches, bacteria, resistance, antibiotics.