

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Microbiologie - Ecologie

Spécialité/Option : Santé, Eau et Environnement : Microbiologie de l'environnement

Thème

**L'isolement des bactéries pathogènes chez l'Hirondelle
rustique *Hirundo rustica* (Nord-est de Guelma-Algérie)**

Présentée par :

ATAILIA Sara et BENNI Njapa Njiké

Devant le jury composé de :

Président :	TORCHE. A	M.C.B	Université de Guelma
Examineur :	SANSRI. S	M.A.A	Université de Guelma
Encadreurs :	HOUHAMDI. M	Prof	Université de Guelma
	HADDAD.S	PhD	Université de Guelma

Juin 2015

Remerciements

A l'issue de la rédaction de cette recherche, nous sommes convaincus que la thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, nous n'aurions jamais pu réaliser ce travail sans le soutien d'un grand nombre de personnes où leur générosité et leur coup de main ont donné un souffle de vie pour la naissance et la capacité de réaliser ce modeste travail.

Premièrement, nous tenons à remercier infiniment notre directeur de cette thèse, monsieur HOUHAMDI Moussa d'être le promoteur de ce thème, également pour ses étincelles qui évoquent la motivation et l'encouragement à la recherche scientifique et surtout d'être une source d'inspiration et de fascination inépuisable et nous lui reconnaissons toujours d'être l'idole de tout les temps.

Nous remercions tout particulièrement les maîtres de conférences qui ont accepté de faire partie du jury de soutenance: Docteur TORCHE Asma, maître de conférences (B) à l'université de Guelma qui a bien voulu présider le jury. Nos vifs remerciements vont à Docteur SANSRI Soraya d'avoir jugé ce travail.

Nous voulons spécialement remercier notre deuxième encadreur : Mlle HADDAD Soumia doctorante à l'Université de Guelma d'avoir dirigé ce travail avec patience, pour son énergie dépensée pour que ce travail puisse réaliser comme il devrait et surtout son support c'est comme on était ses oisillons.

Nous remercions tout le personnel de la DDS pour leur aide, leur gentillesse, bref pour la piste qu'ils nous ont facilité à marcher dessus afin d'entamer le pratique. Nous ne remercierons jamais assez Mr DJIRADI Abderahmen, Mr KEBIECHE Hassane pour leurs conseils, leur aide et leur bienveillance à nous faire apprendre DDS (direction de la santé Guelma).

Nous tenons à remercier toutes les responsables des laboratoires pédagogiques de la faculté des Sciences de la Nature, de la Vie et de la Terre de l'Université de Guelma, pour leur patience, leur gentillesse, elles sont été d'une grande aide. Leila, Houria, Hakima, Wafa, Rania un grand merci à elles.

Merci à tous nos camarades de la promotion, qu'es ce que c'était beau la solidarité qu'il y avait parmi nous ! Nadjia, Hanine, Zineb, Rabiaa, Doudou mimi, Lili, Safa, Rufus, Cécilia et surtout Walid SATHA, nous nous en souviendrons toujours.

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Rappels bibliographiques	
1. Description du site de l'étude	3
1.1. Situation géographique	3
1.2. Etat administratif et population	3
1.3. Climat	4
1.4. Station d'étude	4
2. Généralités sur l'Hirondelle rustique	5
2.1. Description de l'espèce	5
2.2. Répartition géographique et habitat	6
2.3. Migration et reproduction	7
2.3.1. Migration	7
2.3.2. Reproduction	7
2.4. Régime alimentaire	8
2.5. Statut juridique	9
3. Zoonoses et agents infectieux	9
3.1. Définition et délimitation des zoonoses	10
3.2. Quelques exemples de zoonose et bactéries pathogènes	11
4-Rappels sur les antibiotiques et la résistance bactérienne	14
4.1. Définition des antibiotiques	14

4.2. Les cibles bactériennes des antibiotiques	15
<i>4.2.1. Antibiotiques inhibant la synthèse de la paroi bactérienne</i>	15
<i>4.2.2. Antibiotiques agissant sur la membrane cytoplasmique</i>	15
<i>4.2.3. Antibiotiques agissant sur la synthèse des protéines</i>	15
<i>4.2.4. Antibiotiques actifs sur les acides nucléiques</i>	15
4.3. Base de classification	16
4.4. Définition de la résistance bactérienne	18
4.5. Les différents types de résistance bactérienne	18
<i>4.5.1. La résistance naturelle</i>	18
<i>4.5.2. La résistance acquise</i>	18
<i>4.5.3. La résistance clinique</i>	19
4.6. Mécanismes de résistance	20
<i>4.6.1. Diminution de la concentration intracellulaire en antibiotiques</i>	20
<i>4.6.1.1. Modification de la perméabilité membranaire</i>	20
<i>4.6.1.2 Les systèmes d'efflux bactériens</i>	20
<i>4.6.2. Dégradation et modification enzymatique des antibiotiques</i>	21
<i>4.6.2.1. Inactivation par hydrolyse</i>	22
<i>4.6.2.2. Inactivation par transfert de groupements chimiques</i>	22
<i>4.6.2.3. Inactivation par oxydo-réduction</i>	22
<i>4.6.3. Altération des cibles cellulaires des antibiotiques</i>	23

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Enquête sur terrain	24
1.1. Zone d'étude	24
1.2. Echantillonnage	24
1.3. Prélèvement	24
<i>1.3.1. La prise des fientes</i>	25
2. Etude au laboratoire	26
2.1. Méthodes d'isolement et d'identification	27
<i>2.1.1. Préparation de la suspension mère</i>	27
<i>2.1.2. Ensemencement et isolement</i>	27
<i>2.1.2.1. Bacillaceae; Bacillus (bacille à Gram positif)</i>	27
<i>2.1.2.2. Enterobacteriaceae</i>	29
<i>2.1.2.3. Pseudomonaceae; Pseudomonas</i>	35
<i>2.1.2.4. Vibrionaceae; Vibrio</i>	37
2.2. Antibiogramme	38

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats d'isolement et d'identification	41
1.1. Analyses des fientes	41
<i>1.1.1. Bacillus</i>	41
<i>1.1.2. Salmonella</i>	42

1.1.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	43
1.2. Analyses d'œufs	51
2. Résultats de l'antibiogramme	56
Conclusion	67
Perspectives	68
Références bibliographique	

Liste des abréviations

Abréviation	Indication
API	Analytical Profil Index
BLSE	β -lactamases à spectre étendu
CA-SFM	Comité d'antibiogramme de la société française de la microbiologie
E	Est
EPA	l'eau peptonée alcaline
GNA	Gélose nutritive à l'amidon
ha	Hectare
LPO	Ligue pour protection des oiseaux
MDR	Multi-résistance aux drogues
N	Nord
OMS	Organisation Mondiale de La santé
PBP	Penicillin binding protein
RGPH	Recensement général de la population et de l'habitat
RV	Rappaport-Vassiliadis

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Localisation géographique du complexe résidentiel "le course" de Guelma (Algérie), accueillant la population nicheuse de l'Hirondelle rustique (<i>Hirundo rustica</i>), Algérie, 2012-2013	03
02	<i>Hirundo rustica</i> 1: mâle adulte, 2: femelle adulte, 3: juvénile. (D'après Cramp 1994 modifiée par Ambrosini 2000)	06
03	Mode d'action des antibiotiques (Singh et Barrett, 2006), avec DHP : dihydroptéroate ; DHF : dihydrofolate ; THF : tétrahydrofolate	16
04	Les différents modes d'acquisition des gènes de résistance (R) aux antibiotiques chez les bactéries (Levy et Marshall, 2004)	19
05	Illustration schématique des principales pompes bactériennes d'efflux (Kumar et Schweizer, 2005)	22
06	Les oisillons de l'Hirondelle rustique retirés de leur nid (image personnelle)	25
07	Préparation de la suspension mère (image perso)	27
08	Un schéma qui montre les stries alternatives sur la gélose GNA	28
09	L'aspect de colonies de <i>Bacillus</i> sur GNA	28
10	Test du lugol positif	29
11	Image microscopique de <i>Bacillus</i> à Gram positif (X100)	29
12	Aspect de <i>Salmonella</i> sur gélose Hektoen	31
13	Image microscopique de <i>Salmonella</i> ; bacille à Gram négatif (X100).	31
14	Aspect de colonies de <i>Yersinia</i> sur gélose Mac Conkey	34
15	Image microscopique qui montre le Gram négatif de <i>Yersinia</i> (X100)	34
16	Colonies de <i>Vibrio</i> sur gélose GNAB	37
17	Image microscopique de <i>Vibrio</i> , bacille incurvé à Gram négatif (X100)	38
18	Schéma montrant le principe de la méthode de diffusion sur milieu solide	39
19	La variation des effectifs de <i>Bacillus</i> selon l'âge	44
20	La variation des effectifs de <i>Pseudomonas</i> selon l'âge	45
21	La variation des effectifs de <i>Salmonella</i> selon l'âge	45
22	Effectifs des espèces identifiées de l'âge de 5 jours	49

23	Effectifs des espèces identifiées de l'âge de 10 jours	49
24	Effectifs des espèces identifiées de l'âge de 15 jours	50
25	Profil biochimique de <i>Citrobacter braakii</i>	51
26	Profil biochimique d' <i>Enterobacter aerogenes</i>	52
27	Profil biochimique d' <i>Enterobacter cloacae</i>	52
28	Profil biochimique d' <i>E.coli 1.</i>	52
29	Profil biochimique de <i>Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae</i>	52
30	Profil biochimique de <i>Pasteurella pneumotropica</i>	52
31	Profil biochimique de <i>Proteus mirabilis</i>	53
32	Profil biochimique de <i>Pantoea spp1</i>	53
33	Profil biochimique de <i>Salmonelle holeraesuis ssp arizonae</i>	53
34	Profil biochimique de <i>Shigella spp</i>	53
35	Profil biochimique d' <i>Aeromonas hydrophila</i>	53
36	Effectifs des espèces identifiées à partir des échantillons des œufs non éclos	54
37	Les pourcentages de sensibilité et/ou résistance des souches testées	57
38	Pourcentage des bactéries manifestant une résistance acquise	57

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Quelques exemples de zoonoses fréquentes	12
02	Les principaux critères sur lesquels les différentes familles d'antibiotiques ont été divisées	17
03	Plan de l'échantillonnage	26
04	Lecture et interprétation des colonies poussant sur Hektoen	30
05	Les différents tests de l'API 20E	32
06	Les différents tests de l'API NE	36
07	Catégorisation selon les valeurs critiques	39
08	Les antibiotiques testés	40
09	Identification de <i>Bacillus</i>	41
10	Identification de <i>Salmonella</i>	42
11	Identification de <i>Pseudomonas</i>	43
12	Les espèces identifiées au cours des 3 prélèvements	48
13	Les espèces identifiées à partir des échantillons des œufs non éclos	51
14	Profil de la résistance des souches testées	58

Introduction

Introduction

L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), également connue sous le nom de l'hirondelle de cheminée ou l'hirondelle des granges, a une biologie liée à celle de l'homme. La proximité de son habitat à celui de l'homme en est l'illustration la plus flagrante (Møller, 1994 ; Ambrosini, 2000 ; Turner 2004). Ce petit oiseau est strictement insectivore, se nourrit essentiellement de diptères comme les mouches mais aussi de tous les autres insectes volants, (Turner 2006) et il construit son nid à base de la boue et de sa salive.

La flore intestinale de ce passereau serait très diversifiée. D'une part, ceci serait en relation avec leur régime alimentaire qui est strictement constitué d'insectes volants vivant sur les terres agricoles, les lacs, les eaux stagnantes et les décharges publiques et d'autre part suite à l'utilisation et le contact direct avec la boue utilisée pour la construction de son nid.

La rustique pourrait donc par son alimentation être le réservoir ou être contaminé par de nombreuses bactéries de l'eau et du sol ou encore transportées par les mouches, et les transmettre à ses oisillons lors de leur alimentation.

La menace liée aux fientes d'oiseaux sauvages tout comme domestiques a toujours été une préoccupation pour les politiques de santé publique. De nombreuses études et publications ont été réalisées dans ce sens : (George Wyatt, Bird-borne Human Diseases) ; (Jacqueline P *et al*, Avian Diseases Transmissible to Humans). Les dangers liés à la proximité des hirondelles rustiques sont mal connus, si ce n'est celui des ectoparasites qui colonisent leurs nids (Perrins, 1965 ; Crompton, 1997), aucune étude n'a été à notre connaissance réalisée uniquement sur cette espèce. Cependant ce petit oiseau qui construit son nid juste au-dessus de nos portes, dépose ses fientes à des quantités surprenantes comparées à leur taille sur les murs de nos entrées et dans les escaliers de nos bâtiments, et cela à la merci des enfants qui ne peuvent s'empêcher de jouer à proximité. Rappelons aussi qu'ils préfèrent nicher dans les granges et les fermes où ils atteignent souvent des effectifs très importants, ce qui représenterait un risque de contamination réel pour les aliments.

Quelles seraient les bactéries pathogènes que contiennent les fientes de l'Hirondelle rustique? Quelles seraient donc les maladies qu'ils pourraient nous transmettre via leurs fientes?

Les objectifs de notre étude sont donc :

- La recherche dans les fientes de l'Hirondelle rustique de certains genres et espèces de bactéries pathogènes entre autre *Bacillus*, Entérobactéries ; *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Proteus...etc*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, ...etc.
- Déterminer à partir des fréquences d'apparition des germes pathogènes s'ils font partir de la flore normale de notre espèce ou si l'oisillon est la victime accidentelle d'une contamination par son alimentation.
- Enfin après la réalisation d'un antibiogramme, le comparé à celui de la souche sauvage. Ceci nous donnera une idée du niveau de résistance des souches qui circulent dans l'environnement, mais aussi des idées sur une possible utilisation thérapeutique de ces antibiotiques.

Pour notre synthèse bibliographique nous commencerons par vous présenter quelques généralités sur l'Hirondelle rustique: sa description ; son écologie ; sa reproduction et son alimentation. Nous poursuivrons par une description exhaustive des différents pathogènes évoqués plus haut : la maladie ; leur transmission ; leur agent et sa sensibilité aux antibiotiques. Et enfin nous parlerons de la résistance bactérienne.

En ce qui concerne le deuxième chapitre qui est consacré à l'étude expérimentale où nous identifierons sur la base des caractères culturels, biochimiques et bactériologiques les différentes bactéries. Puis nous testerons leur résistance vis-à-vis les antibiotiques.

Ensuite nous allons analyser et discuter les résultats obtenus des différents germes trouvés dans la totalité des échantillons et leur antibiogramme.

Enfin nous terminerons cette étude par une conclusion tout en l'ouvrant à de nouvelles perspectives.

Chapitre I: Rappels bibliographiques

1. Description du site de l'étude

1.1. Situation géographique

La wilaya de Guelma ($36^{\circ}46'N$, $7^{\circ}28'E$) est localisée à 60 km à l'extrême Nord Algérien. Elle couvre une superficie de 3686,84 km² (Fig. 1) et est située à 279 m au-dessus du niveau de la mer. Elle est localisée à mi-chemin entre le nord, les Hauts plateaux et le sud du pays.

La wilaya est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, au Nord-est par la wilaya d'El Tarf, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Sud-est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouagui.

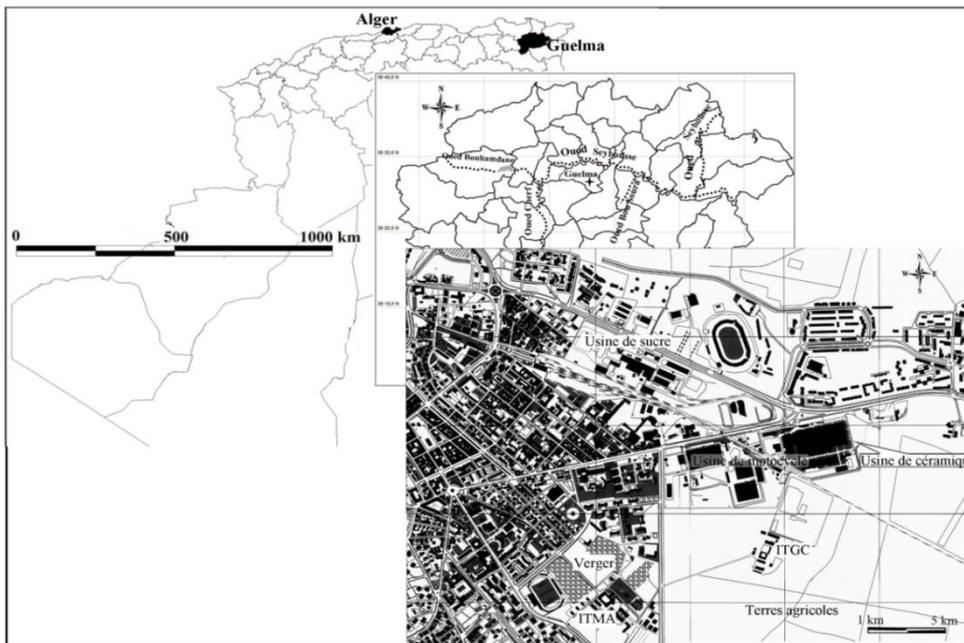


Figure 01 : Localisation géographique du complexe résidentiel "le course" de Guelma (Algérie), accueillant la population nicheuse de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), Algérie, 2012-2013.

1.2. Etat administratif et population

La wilaya de Guelma est structurée par 85 centres urbains et ruraux dont 34 chefs-lieux de communes et 51 agglomérations secondaires.

La population, représente moins de 1.5% de la population totale de l'Algérie, et plus de 9.30% de la population totale de la zone Nord- Est.

La population totale de la wilaya de Guelma a connu un accroissement notable (36,54%) au cours des deux dernières périodes intercensitaires (1987/98 et 1998/2008).celui-ci est moins important durant la dernière décennie par rapport à la période précédente. En effet, la population est donc passée de 353309 habitants au recensement de 1987 à 430000 habitants au RGPH1998 pour atteindre 482 430 habitants à RGPH2008.l'augmentation relative est respectivement de 21,7% et 14,84%. La population selon les estimations de 2011 à atteint 506 007 habitants.

La population du chef lieu de wilaya a connu un taux d'accroissement, supérieur aux taux national (2.15%) depuis 1987 à 1998 soit 2.4%, du fait de la concentration des services et équipements primordiaux. Puis elle a connu un ralentissement durant la dernière période intercensitaire (1998-2008) et ce, à travers l'ensemble du territoire de la wilaya. Cette baisse importante de 0.9 %, soit de presque le tiers de celle enregistrée entre 1987-1998 est due à l'atténuation des flux massifs d'immigrés vers ce centre de wilaya ainsi qu'à la baisse progressive de la fécondité (URBACO, 2012).

1.3. Climat

La région septentrionale de la wilaya est dominée par un climat subhumide, alors que sa partie méridionale est caractérisée par un climat semi-aride (Debieche, 2002). Les températures moyennes varient entre 4°C en hiver et 41°C en été. Les précipitations annuelles varient entre 654 et 1000 mm. La zone est traversée par l'une des plus importantes rivières du pays "le Seybouse" (Djabri, 1996).

1.4. Station d'étude

La population d'Hirondelles rustiques niche à la périphérie Est de la ville de Guelma (36°27'41.52" N ; 7°26'27.84" E) dans le complexe résidentiel "le course" (Fig. 1). Au Nord, ce dernier est limitrophe de l'usine de production de sucre cristallisé, de l'usine de céramique et de l'usine de montage de pièces motos. Á l'Ouest, il est entourée d'un jardin public et de la gare routière, alors qu'à l'Est et au Sud, les terres agricoles dominant [142 ha : cultures céréalières (45 ha) ; cultures fourragères (52 ha) ; multiplication des semences (38 ha) ; plantations fruitières (7 ha)]. Toutes ces terres sont utilisées, à but expérimental, par l'institut

technologique agricole spécialisé et l'institut technique des grandes cultures de la ville de Guelma.

Dans ce complexe résidentiel, les nids sont régulièrement construits dans les cages d'escalier des bâtiments, sur le sommet des portes d'accès aux appartements et sur les balcons.

2. Généralités sur l'Hirondelle rustique

2.1. Description de l'espèce

Synonyme : Hirondelle de cheminée, Hirondelle de granges

Classification (Ordre, Famille): Passériformes, Hirundinidés

L'Hirondelle rustique se caractérise par une silhouette gracieuse et élancée de 19 cm de long pour un poids de 20 g (Andrews, 1984 ; Moller, 1994), des ailes longues, triangulaires et effilées, un cou peu prononcé et une queue nettement échancrée creusée en forme de V (Ambrosini, 2000).

L'adulte possède un plumage contrasté. Le dessus est bleu-noir uniforme aux reflets métalliques et le dessous du corps va du blanchâtre au roussâtre. Le front et la gorge sont rouge foncé (caractères difficiles à distinguer en vol et de loin). Un collier bleu noir forme une bande pectorale qui tranche nettement avec la poitrine allant du blanchâtre au roussâtre. La queue nettement fourchue présente des rectrices externes très allongées appelées « filets » qui mesurent jusqu'à 70 mm chez le mâle et 34 mm au maximum chez la femelle (Pyle, 1997). Le dessus de la queue est marqué d'une rangée de petites taches blanches à proximité de l'échancrure, bien visibles lorsque l'oiseau étale ses rectrices. Le bec et les pattes de faible taille sont noirs (Caupenne, (LPO), Cahiers d'habitat Oiseaux).



Figure 02: *Hirundo rustica* 1: mâle adulte, 2: femelle adulte, 3: juvénile. (D'après Cramp 1994 modifiée par Ambrosini 2000).

2.2. Répartition géographique et habitat

L'Hirondelle rustique est une espèce polytypique, on la trouve dans toute l'Europe, en Afrique du Nord et en Asie, de la Turquie, jusqu'au bassin de l'Ienisseï (Sibérie), ainsi que dans l'ouest de la Chine à l'exception de l'Australie. Elle est absente des régions arctiques et de hautes montagnes (Dulphy, 1986).

L'Afrique du Nord est considéré comme la limite sud de son aire de nidification, mais peu de travaux ont été réalisées sur cette espèce surtout en Algérie où elle est très abondante (Vietinghoff-Riech, 1955 ; Blondel, 1962 ; Schmitt, 1963 ; Laferrère 1968). En Algérie, elle niche dans les côtes jusqu'au l'oasis septentrionales (Tugourt, Messaad, Temacine, Laghouat), et parfois dans l'Atlas saharien (Germain, 1965).

Cette espèce d'hirondelle fréquente principalement les zones rurales, en particulier les régions herbagères. Les densités d'hirondelles les plus importantes se situent généralement dans les fermes et les hameaux où se pratique encore l'élevage extensif. L'installation préférentielle dans les fermes en activité n'est pas uniquement favorisée par la présence du bétail, mais également par l'architecture des bâtiments d'élevage et leur accessibilité. Dans tous les cas, son abondance est liée à la présence d'habitats riches en insectes aériens (prairies naturelles, haies, bois, mares, étangs...) (COSEWIC, 2011).

Elle occupe également les villages, plus rarement les grandes agglomérations (Bent, 1942) qui comportant suffisamment d'espaces verts et les zones de monocultures céréalières.

Elles nichent à proximité des habitants, dans les bâtiments des citées, où elles construisent leurs nids dans les couloirs d'escaliers, aux angles des poutres, au ras du plafond en se servant de la tuyauterie de gaz et d'eau comme support, généralement en petites colonies (observation personnelle). Ces habitations avec leurs ouvertures au niveau des fenêtres, leur offrent un site de nidification adéquat. Les constructions avec portes ou fenêtres hermétiquement closes n'offrent pas des sites de nidifications adaptés.

L'abondance et la proximité de ces colonies font qu'on s'interroge sur les risques sanitaires sur les animaux de fermes, les aliments stockées dans les granges mais aussi les hommes qui côtoient ce passereau.

2.3. Migration et reproduction

2.3.1. Migration

Selon Perrin et Cuisin (1987) la migration se définit comme un mouvement régulier de va et vient entre une aire de reproduction et une aire d'hivernage, afin de trouver des lieux où la nourriture abonde à certaines saisons et de les quitter quand elle se raréfie ou devient inaccessible, ce genre de déplacement affecte plusieurs espèces animales en particulier les oiseaux.

L'Hirondelle de granges est un passereau à migration totale qui passe la mauvaise saison dans les savanes africaines de Novembre à Février et remonte vers son aire de nidification en Afrique du Nord et en Europe au début du printemps (LPO ; Perrin et Cuisin, 1987).

Les oiseaux migratoires peuvent être au premier rang responsable de la dissémination à travers le monde de certaines maladies. Bandelj *et al* (2014) concluaient que l'hirondelle rustique pourrait jouer un rôle dans la dissémination internationale du *Clostridium difficile*.

2.3.2. Reproduction

Elle fabrique les nids à l'aide des boulettes d'argile ou de boue et de brindilles, et ils sont tapissés avec l'herbe ou des plumages (Al-Rawy et George, 1988). Les nids se situent

dans les endroits précédemment cités dans la partie d'habitat. L'utilisation de la vase représente donc une excellente voie de contamination (Clare *et al*, 2009)

La première ponte débute au plus tôt fin avril. Elle comprend de trois à six œufs (moyenne cinq) incubés essentiellement par la femelle pendant 14 à 20 jours (moyenne 15 ou 16). C'est les deux parents qui nourrissent les petits (Cramp, 1988). L'envol des jeunes se produit après 20 à 25 jours de séjour au nid. Après l'émancipation des jeunes, 53% à 84% des couples, selon les études, entreprennent une seconde nichée ayant lieu entre la fin de Juin et le début de Juillet.

Le taux de réussite des nichées varie de 67% à 92% selon les années et la productivité annuelle moyenne atteint 5,4 avec un maximum de 7 œufs par couples mais ce nombre est rarement observé en Algérie selon les études de Sakraoui en 2005. Le succès reproducteur dépend significativement des conditions météorologiques (pluies, froid, vent, canicule), du choix de l'emplacement du nid, qui influe notamment sur le taux de prédation.

La longévité maximale connue est de 14 ans.

2.4. Régime alimentaire

L'Hirondelle est strictement insectivore. Elle se nourrit essentiellement d'insectes aériens, en particulier des diptères comme les mouches, qu'elle capture en vol, ce mode d'alimentation comprend aussi des sauterelles, grillons, libellules, Coléoptères, moustiques, constituant 90% de son alimentation mais sa préférence est pour les mouches et les guêpes. Le régime alimentaire comprend également des Hémiptères, des Hyménoptères, des Lépidoptères et des Odonates. Accessoirement des chenilles, des araignées ou des fourmis sont consommées à terre ou contre des murs (Brown et Brown, 1999 ; Turner, 2004).

En général, les vols de chasse sont observés à ras du sol ou de l'eau, capturant les proies et les mettant dans son bec pour revenir nourrir ses petits, les espèces d'insectes capturées peuvent changer selon la ponte et l'âge des oisillons ; ils les nourrissent de diptères, hyménoptères, orthoptères et odonates pour la première ponte et pour la seconde s'ajoutent les coléoptères et les hémiptères (Sakraoui, 2012). Ceci est important car nous pensons que leur alimentation pourrait être en relation aux bactéries ou aux pathogènes qu'on peut retrouver dans leurs fientes.

On peut souvent observer les vols de l'Hirondelle jusqu'à sept à huit mètres de hauteur, mais par beau temps, les vols de chasse se font aussi plus haut, jusqu'à 200-300 m au ras du sol ou des plans d'eau ou à l'abri du vent le long d'une haie, là où les insectes sont poussés par le vent ou cherchant à s'abriter de lui. Parfois elles suivent les tracteurs et attrapent les insectes qui sont dérangés par le travail de la machine. Elles boivent en passant en vol à ras de l'eau et en trempant leur bec dans le liquide. L'eau de ces rivières représente une potentielle source de contamination pour l'hirondelle elle-même et pour ses petits via la salive et l'alimentation.

Surtout lorsqu'on connaît le réservoir que constituent ces plans d'eau pour les Vibrions, les Salmonelles, les Pseudomonas...

Nous avons vu que l'Hirondelle rustique est un oiseau migrateur qui se nourrit essentiellement d'insecte volants et construit son nid à l'aide de la boue, qui se présente donc comme des sources de contamination. Durant sa période de reproduction, cette installation dans les bâtiments urbains, les granges où elles peuvent atteindre des densités importantes, entraîne une cumulations des fientes qui peut devenir un véritable problème sanitaire. Dans la suite nous allons parler des différentes bactéries pathogènes que pourraient disséminer les hirondelles via leurs fientes, et des maladies qu'elles peuvent causer. Mais avant, quel est le statut juridique de l'hirondelle rustique en Algérie ?

2.5. Statut juridique

Selon le n°35 du journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux, lois et décrets arrêtés, décisions, avis, communications et annonces publié en 2012, l'Hirondelle rustique est un oiseau qui ne figure pas dans la liste des animaux (oiseaux) non domestiques protégée par la loi algérienne, contrairement à sa contemporaine en Europe. Malgré, elle reste actuellement un oiseau menacé d'extinction.

3. Zoonoses et agents infectieux

L'Homme peut être atteint par des microbes ; bactéries, virus, champignons ou des parasites qui ne sont pathogènes que pour lui, par exemple, les agents de la rougeole, des oreillons, de la fièvre typhoïde, etc. De même, les animaux peuvent être touchés par des

microbes dangereux uniquement pour une espèce animale ou un nombre limité d'espèces animales (peste porcine, peste bovine, myxomatose...).

Mais une autre catégorie d'agents pathogènes comprend ceux qui, dans les conditions naturelles, peuvent provoquer une maladie à la fois chez l'Homme et chez l'animal : ce sont les agents des zoonoses.

3.1. Définition et délimitation des zoonoses

Les zoonoses sont des maladies et infections qui se transmettent naturellement des animaux vertébrés à l'homme et vice versa. Cette définition a été mise par les experts de l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé) en 1959.

Le terme de zoonose crée par Virchow en XIXème siècle à partir de deux racines grecques : zoo = animal et nosos = maladie. Et cela ne signifie pas « maladie des animaux » mais « **maladie** (sous entendu de l'homme) **due aux animaux** ».

Donc on a : **zoo-anthroponose** : évoquant la transmission de l'animal vers l'Homme et **anthropo-zoonose** : évoquant la transmission de l'Homme à l'animal.

Les agents infectieux (bactéries, champignons, virus...) et les parasites sont les responsables exclusifs des zoonoses, et cela permet d'éliminer du cadre e zoonoses les maladies causées à l'homme par des animaux qui ne sont ni malades ni infectées comme envenimation ophidienne, pneumonie allergique des éleveurs d'oiseaux, allergie aux poils de chat...etc.

Il faut attirer l'attention à la notion de transmissibilité qui différencie « zoonose » et « **maladie commune à l'homme et l'animal** » : cette dernière appellation **n'implique pas de transmissibilité** mais seulement une cause commune et des circonstances de développement identiques chez l'animal et chez l'homme : intoxications...

Les maladies transmises par des animaux ou des denrées d'origine animale qui sont de simples vecteurs (passifs ou mécaniques) de microbes ou parasites spécifiquement humains (par exemple : scarlatine, poliomyélite, hépatite à virus... transmises accidentellement par le lait, les viandes... provenant d'animaux indemnes mais contaminés par des personnes hébergeant ces germes). Les animaux concernés sont restrictivement les vertébrés : mammifères, oiseaux, poissons, et reptiles que ce soient domestiques ou sauvages.

De nombreuses espèces d'oiseaux ont déjà été citées comme impliqués dans des zoonoses aviaires d'origine virale comme bactérienne. Mais nous nous limiterons aux zoonoses aviaires (ayant liaison avec les oiseaux) causées par les bactéries (Toma *et al*, 2008).

3.2. Quelques exemples de zoonose et bactéries pathogènes

Tableau 01 : Quelques exemples de zoonoses fréquentes (Meyer *et al*, 2004 ; .

Maladie	Agent responsable	Réservoir/Habitat	Pouvoir pathogène
Diarrhées hémorragiques à <i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i> : enterohémorragique (ECEH)	<ul style="list-style-type: none"> - Un hôte normal du tube digestif de l'homme et de l'animal. - Les bovins : des porteurs sains. - Les pigeons et les poules étaient porteurs d'autres sérovars. 	<ul style="list-style-type: none"> - Infections de l'arbre urinaire, abdominales. -Septicémies, méningites et septicémies du nouveau né et du nourrisson. -Syndromes diarrhéiques, du choc endotoxinique.
La fièvre charbonneuse (charbon bactérien)	<i>Bacillus anthracis</i> (Bactérie sporulante)	<ul style="list-style-type: none"> -Le sol - Espèces animales ex : les mammifères herbivores. - Quelques espèces aviaires ex : l'Hirondelle le contracte via la boue et l'eau et le repent dans l'air de nos bâtiments par ses abondantes fientes qui s'assèchent sur les murs. 	<ul style="list-style-type: none"> - La forme cutanée (charbon d'inoculation) : une pustule, la forme pulmonaire (charbon d'inhalation), et la forme gastro-intestinale (charbon alimentaire) : due à la viande contaminée
Listériose	<i>Listeria monocytogenes</i> et <i>L. ivanovii</i>	<p>-Bactéries saprophytes et ubiquitaires : le sol, l'eau, les végétaux (ensilage) mais aussi dans le lait, la viande de poulet, les légumes (choux) et dans les matières fécales de sujets sains (homme et nombreuses espèces animales).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>L. ivanovii</i> : touche uniquement les animaux comme les rongeurs, les oiseaux causant avortement et mortinatalité chez les bovins et les ovins, mammites...etc. -<i>L. monocytogenes</i> : on a une listériose fœto-maternelle et une listériose de l'adulte sous forme de neuro-méningées, septicémies...etc.
Salmonellose	Les plus fréquentes :	Des parasites du tube digestif de l'homme et des	Les formes septicémiques :

	<i>Salmonella typhimurium, S. paratyphi, S. enteritidis, S. bongorii</i>	animaux. Mais <i>S. typhi</i> et <i>S. paratyphi</i> A et B sont strictement adaptées à l'homme. Elles trouvent dans les effluents d'élevage, les eaux usées d'origine humaine.	fièvres typhoïdes et paratyphoïdes dues à <i>S. typhi, S. paratyphi</i> et Les toxi-infections alimentaires et des infections rares ; urinaires, méningites, spondylodiscites, pulmonaires...etc.
Shigellose	<i>Shigella dysenteriae</i> , avec les sérotypes, <i>S. flexneri, S. boydii, S. sonnei</i>	Bactéries strictement humaines infectants les intestins. Seuls les singes en hébergent de manière courante, notamment <i>Sh. flexneri</i> les matières fécales des malades ou des porteurs sains (convalescents, entourage des malades).	-Dysenterie bacillaire : inflammation du côlon. - localisations extra-digestives : infections urinaires. On observe parfois des formes septicémiques, des arthrites, des méningites.
Infection à Proteus	<i>P. mirabilis, P. vulgaris, P. penneri</i> et <i>P. myxofaciens</i> . Cette dernière n'a pas d'intérêt médical.	- Le sol, dans les eaux de surface, dans les eaux d'égout etc. Ce sont des hôtes habituels du tube digestif de l'homme et des animaux.	- Infections urinaires ; anomalie de l'appareil urinaire ou un diabète favorisant la survenue de ces infections qui peuvent être à l'origine de septicémies. Des méningites à <i>Proteus</i> ont été décrites chez le nourrisson.
Infection à Pseudomonas	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	sont des bactéries ubiquitaires et saprophyte que l'on rencontre dans le sol, sur les végétaux et surtout dans les eaux douces et marines.	<i>Pseudomonas</i> est un germe opportuniste capable de causer : des infections cutanées, iatrogènes, oculaires, digestives, broncho-pneumopathies...etc.
Yersiniose	Les plus fréquentes : <i>Yersinia enterocolitica, Y. pseudotuberculosis</i>	Réservoir commun pour l'homme et l'animal constitué par le milieu extérieur : eaux, sol, aliments pollués par la matière fécale de l'homme et des animaux.	Gastro-entérites, septicémies, pseudotuberculose, des polyarthrites, ou un érythème noueux, adénite mésentérique.

4-Rappels sur les antibiotiques et la résistance bactérienne

4.1. Définition des antibiotiques

Les antibiotiques sont, (du grec *anti*, contre et *bios*, la vie) des agents antimicrobiens capables de tuer les micro-organismes sensibles ou d'inhiber leur croissance. Ils sont majoritairement représentés par des molécules d'origine naturelle biologique et leurs dérivés, qui sont issus de micro-organismes : bactéries et champignons. Ils peuvent aussi être d'origine synthétique ou semi-synthétique (Prescott *et al*, 1995 ; Newman *et al*, 2003 ; Singh et Barrett, 2006). Les antibiotiques synthétiques sont obtenus, soit à partir de dérivés totalement artificiels appelés des chimiothérapeutiques comme les sulfamides (Meyer *et al*, 2004), soit en recréant des substances initialement extraites de microorganismes. Les antibiotiques semi-synthétiques sont issus de la modification chimique, en laboratoire, de substances produites par des micro-organismes (Guinoiseau, 2010).

Deux propriétés tendent à les mieux définir : ils agissent à des concentrations à l'ordre de micro-organismes par millilitre *in vitro*, et ils interagissent d'une manière spécifique au niveau d'une structure, au niveau d'une ou plusieurs étapes du métabolisme, ou au niveau d'une enzyme, perturbant de ce fait la vitalité et inhibe la croissance microbienne (Meyer *et al*, 2004 ; Delmée, 2004).

Ils sont doués d'une **toxicité sélective** vis-à-vis des bactéries, contrairement aux désinfectants qui sont également nocifs pour les cellules de l'hôte. Cette activité ne s'étend cependant pas uniformément à toutes les espèces bactériennes et l'on parle d'antibiotiques à **spectre large** lorsque leur action s'exerce sur une grande diversité d'espèces de bactéries, et d'antibiotiques à **spectre étroit** lorsqu'elle se limite à une ou à quelques catégorie(s) de micro-organismes. Le spectre d'un antibiotique est un élément capital dont il sera tenu compte pour choisir une antibiothérapie adaptée à chaque situation clinique. Un antibiotique est **bactériostatique** lorsqu'il inhibe la multiplication des bactéries sans les tuer. Il est **bactéricide** lorsque son action va jusqu'à la destruction de la cellule bactérienne. Dans certains cas, un antibiotique peut être bactériostatique à une certaine concentration et bactéricide à une concentration supérieure. Certaines associations d'antibiotiques peuvent avoir un effet **synergique**, c'est-à-dire un effet supérieur à la somme des deux effets séparés.

C'est souvent le cas des antibiotiques bactéricides, par exemple les aminoglycosides et les β -lactamines.

4.2. Les cibles bactériennes des antibiotiques

Les cibles des antibiotiques sont impliquées dans les fonctions physiologiques ou métaboliques de la bactérie.

4.2.1. Antibiotiques inhibant la synthèse de la paroi bactérienne

Les β -lactamines et les glycopeptides agissent en interférant avec la synthèse du peptidoglycane. Les **β -lactamines** interfèrent avec la polymérisation des sous-unités de peptidoglycane et l'attachement de celui-ci à l'ancienne paroi cellulaire. Leur action inhibe la réticulation du peptidoglycane par inhibition de la transpeptidation au niveau des PBP (penicillin binding protein). Les **glycopeptides** interfèrent en se liant à l'extrémité D-ala-D-ala des précurseurs du peptidoglycane et en empêchant leur incorporation dans le peptidoglycane en formation (Delmée, 2004).

4.2.2. Antibiotiques agissant sur la membrane cytoplasmique

Il existe quelques agents antimicrobiens qui agissent en désorganisant la membrane lipoprotéique, altérant la perméabilité et provoquant la mort cellulaire : les polymyxines principalement, qui sont très peu utilisées (Delmée, 2004).

4.2.3. Antibiotiques agissant sur la synthèse des protéines

Ces antibiotiques agissent au niveau du ribosome bactérien, soit au niveau de la sous-unité 30S, soit au niveau de la sous-unité 50S. La différence entre le ribosome bactérien et le ribosome des cellules eucaryotes explique la toxicité sélective de ces antibiotiques pour les bactéries (Delmée, 2004).

4.2.4. Antibiotiques actifs sur les acides nucléiques

Les quinolones sont des substances de synthèse qui agissent en inhibant des enzymes (topoisomérase ou ADN-gyrase) qui participent à l'enroulement des brins d'ADN. Les nitrofuranes et les nitro-imidazoles provoquent des cassures de l'ADN. La rifampicine est un

inhibiteur de l'ARN polymérase en se liant à une de ses quatre sous-unités et interfère avec la production d'ARN messager (Delmée, 2004).

N.B : Les antibiotiques peuvent inhiber la biosynthèse des acides nucléiques (ADN et ARN), interférer avec les voies métaboliques de synthèse de l'ADN mais leurs **cibles principales** sont la paroi cellulaire et les ribosomes bactériens.

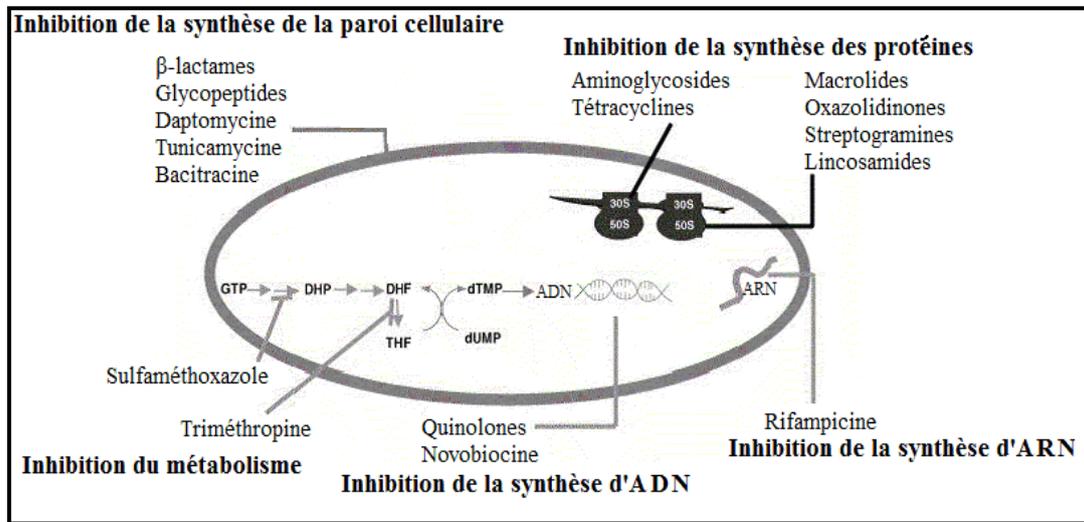


Figure 03 : Mode d'action des antibiotiques, avec DHP : dihydroptéroate ; DHF : dihydrofolate ; THF : tétrahydrofolate (Singh et Barrett, 2006).

4.3. Base de classification

Les antibiotiques peuvent être classés en familles en sous-familles, groupes ou générations sous la base de certains critères, c'est ce que nous allons voir dans le tableau 02.

Tableau 02 : Les principaux critères sur lesquels les différentes familles d'antibiotiques ont été divisées (Ndiaye, 2005).

Base de classification	Critères de division	Exemples
l'origine	Antibiotiques naturels	Pénicillines, Céphalosporine, Streptomycine, Tétracycline et Chloromphénicol.
	Antibiotiques semi-synthétiques	β -lactamines
	Antibiotiques synthétiques	Quinolones, sulfamides et oxazolidinones.
L'effet	Antibiotiques bactéricides	β -lactamines, aminosides, polypeptides, rifampicines, nitro-imidazolés, cotrimoxazole.
	Antibiotiques bactériostatiques	Pénicolés, cyclines, sulfamides, triméthoprim.
Le spectre	A large spectre	Aminosides, pénicolés, cyclines, sulfamides.
	A spectre étroit	Pénicillines, macrolides, polymyxines, glycopeptides.
Le site d'action	ATB actifs sur la paroi bactérienne	β -lactamines, glycopeptides (vancomycine), phosphopeptides (fosfomycine).
	ATB actifs sur la membrane cytoplasmique	Gramicidines, polymyxines, nitrofuranes.
	ATB actifs sur la synthèse protéique	Aminosides, cyclines, pénicolés, macrolides, lincosamides, streptogramines, kétolides, cotrimoxazole, rifampicines, acide fusidique.
	ATB actifs sur les acides nucléiques	<u>Inhibition de la synthèse de l'ADN</u> : quinolones, novobiocines.
<u>Inhibition de la synthèse de l'ARN</u> : rifampicines		
La nature chimique	Division en familles, sous-familles, groupes et générations.	<p align="center"><u>Familles :</u></p> <p align="center">a) β-lactamines, b) macrolides et apparentés, c) glycopeptides, d) polymyxines, e) aminosides, f) cyclines, g) pénicolés, h) sulfamides et associés, i) quinolones, j) produits nitrés.</p>

N.B : Il est important de noter que pour qu'un antibiotique donné puisse exercer son action spécifique sur une bactérie, il doit en tout premier lieu parvenir à son site d'action. La Vancomycine par exemple est un glycopeptide de PM élevé qui a un spectre limité aux bactéries à Gram positif; elle n'a aucune action sur les bacilles à Gram négatif, non pas parce qu'elle n'agit pas au niveau du peptidoglycane mais bien parce qu'elle ne peut pas traverser la paroi externe de ces bactéries.

4.4. Définition de la résistance bactérienne

La résistance bactérienne peut se définir comme la faculté d'un germe de se développer en présence d'un taux d'un antibiotique significativement plus élevé que le taux habituel (Meyer *et al*, 2004).

4.5. Les différents types de résistance bactérienne

4.5.1. La résistance naturelle

La résistance naturelle d'une espèce ou d'un genre est une caractéristique propre, lorsque toutes les souches de cette espèce ou de ce genre sont résistantes à un antibiotique quelles qu'en soient les conditions d'isolement. Elle est toujours transmissible à la descendance (transmission verticale), car portée par le chromosome (résistance chromosomique), alors que la transmission horizontale est rare ou inexistante. La résistance naturelle détermine les phénotypes « sauvage » des espèces bactériennes vis-à-vis des antibiotiques (Jehl *et al*, 2003).

4.5.2. La résistance acquise

La résistance acquise survient lorsque, seules, quelques souches d'une même espèce, normalement sensibles à un antibiotique, deviennent résistantes grâce à l'acquisition (d'un ou plusieurs) mécanismes de résistance qui détermine un phénotype bien précis de résistance, différent du phénotype sauvage caractérisant les souches n'ayant pas acquis ce mécanisme (Jehl *et al*, 2003).

Cette résistance peut être acquise par mutation ou par transfert de gènes. La résistance acquise par mutation (10%) selon Jehl *et al*, 2003 qui est aussi qualifiée de

résistance chromosomique. Le phénomène de mutation est conditionné par l'utilisation des antibiotiques. Ces derniers ne sont pas des agents mutagènes mais ils contribuent à sélectionner, de manière spontanée, des mutants résistants au sein d'une population bactérienne. En éliminant les bactéries sensibles, les antibiotiques permettent aux mutants résistants de se multiplier plus facilement.

La résistance acquise souvent modifiée par un support génétique faisant partie d'élément mobile (transposons, plasmides), a la faculté d'être transmissible horizontalement, parfois entre espèces différentes (Jehl *et al*, 2003). Elle peut s'effectuer par transduction, conjugaison ou transformation (Fig. 4) (Guinoiseau, 2010).

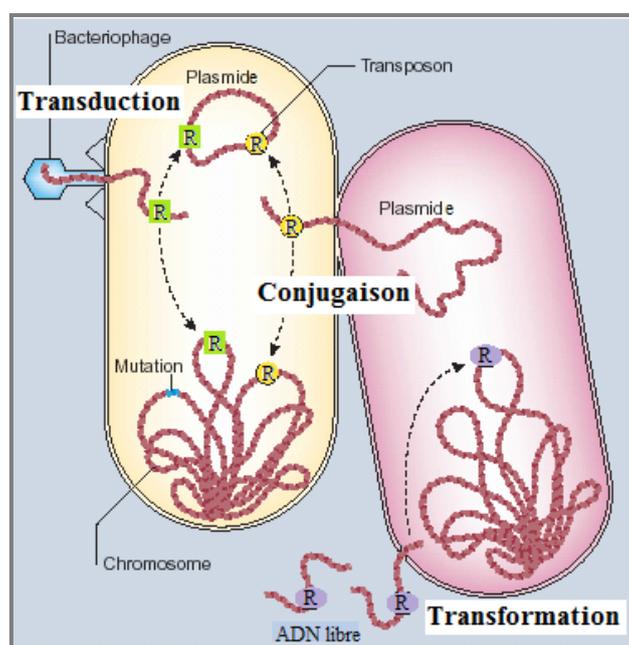


Figure 04 : Les différents modes d'acquisition des gènes de résistance (R) aux antibiotiques chez les bactéries (Levy et Marshall, 2004).

4.5.3. La résistance clinique

La notion de résistance clinique, elle est corrélative à l'échec thérapeutique : elle n'a aucune signification arbitraire, par rapport au malade : elle n'a aucun sens à l'échelle microbienne (Meyer *et al*, 2004). C'est l'échec thérapeutique où les facteurs environnementaux (concentrations en ions, protéines inhibitrices...), la pharmacocinétique, le choix plus au moins de l'antibiotique, en sus des mécanismes développés par les bactéries, sont en cause (Raphenon, 1996).

4.6. Mécanismes de résistance

Pour lutter contre l'action des antibiotiques, les bactéries ont élaboré plusieurs stratégies.

Certaines ciblent directement les antibiotiques tandis que d'autres sont dirigées contre les mécanismes cellulaires, impliqués dans le transport de ces substances. Aux niveaux physiologique et moléculaire, la résistance bactérienne est la résultante de quatre phénomènes.

4.6.1. Diminution de la concentration intracellulaire en antibiotiques

Les bactéries sont capables de se protéger de l'action des antibiotiques en réduisant la concentration intracellulaire de ces derniers. Pour cela, leur absorption dans les cellules peut être limitée par une modification de la perméabilité membranaire. Pour les antibiotiques ayant pénétré dans le milieu intracellulaire, une deuxième option est envisageable : leur prise en charge par les pompes d'efflux membranaires, qui assurent leur exportation active hors des cellules (Guinoiseau, 2010).

4.6.1.1. Modification de la perméabilité membranaire

On peut en citer certains mécanismes entrant pour modifier la perméabilité membranaire:

-Le caractère hydrophile du LPS (lipopolysaccharide) rend la membrane externe des bactéries Gram négatives imperméable à la plupart des macromolécules hydrophobes (Normak et Normak, 2002).

-Des modifications chimiques, visant à diminuer la charge négative nette du LPS, ont ainsi été observées dans certains cas de résistances. Le transfert de groupements polaires, comme la phosphoéthanolamine ou le 4-amino-4-désoxy-L-arabinose sur le lipide A.

-Des changements au niveau des canaux protéiques des porines limitent l'efficacité des antibiotiques (Nikaido, 2003). La taille ou la sélectivité des porines peut également être modifiée et aboutir à une exclusion des antibiotiques (Nikaido et Rosenberg, 1981).

4.6.1.2 Les systèmes d'efflux bactériens

L'efflux des antibiotiques a été observé pour la première fois avec la tétracycline à la fin des années 1970 (Levy et Mac Murry, 1978).

Les pompes d'efflux sont des transporteurs membranaires, impliqués dans la résistance aux antibiotiques par exportation active des drogues dans le milieu extracellulaire. Ces pompes peuvent être des transporteurs « drogue-spécifiques » et conférer une résistance vis-à-vis d'une seule classe d'antibiotiques. Tel est le cas des pompes Tet, qui effluent exclusivement les tétracyclines ou des pompes Mef, qui sont spécifiques des macrolides (Markham et Neyfakh, 2001).

Cependant, la plupart de ces transporteurs peut prendre en charge des composés de structures très différentes et contribuer ainsi, de manière significative, à la multi-résistance (MDR : multi-résistance aux drogues) des bactéries vis-à-vis des antibiotiques (Poole, 2004). Les gènes, codant pour les pompes « drogue-spécifiques », sont souvent situés sur des éléments génétiques mobiles (plasmides ou transposons) alors que ceux qui codent pour les pompes MDR sont, pour la plupart, chromosomiques (Butaye *et al*, 2003).

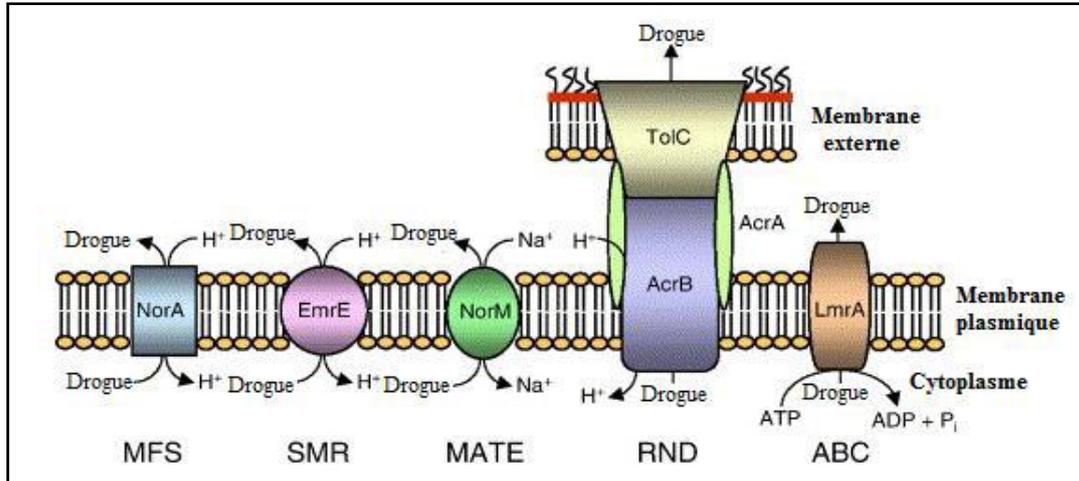


Figure 05: Illustration schématique des principales pompes bactériennes d'efflux (Kumar et Schweizer, 2005).

4.6.2. Dégradation et modification enzymatique des antibiotiques

Les bactéries peuvent synthétiser des enzymes capables de détruire ou de modifier les antibiotiques. Les réactions enzymatiques, conduisant à l'inactivation des antibiotiques,

peuvent s'effectuer par hydrolyse, transfert de groupements chimiques ou oxydo-réduction (Wright, 2005).

4.6.2.1. Inactivation par hydrolyse

De nombreux antibiotiques possèdent, dans leur structure, des liaisons chimiques sensibles à l'hydrolyse. Des enzymes du métabolisme bactérien ont évolué pour cliver ces liaisons, entraînant ainsi l'apparition de souches résistantes. Les β -lactamases, qui clivent le noyau β -lactame des pénicillines et des céphalosporines, font partie de ces enzymes (Masterton *et al*, 2003). A côté des β -lactamases, d'autres enzymes, comme certaines estérases, participent à l'inactivation des antibiotiques. On trouve aussi les macrolides estérases qui clivent la liaison ester fonctionnelle des macrolides, ces derniers sont rendus inactifs (Wright, 2005).

Les gènes, qui codent pour la synthèse de ces enzymes sont situés sur des éléments mobiles du génome, ce qui implique une grande diffusion de ce mode de résistance (Biskri et Mazel, 2003).

4.6.2.2. Inactivation par transfert de groupements chimiques

Les antibiotiques peuvent également être inactivés par ajout de groupements chimiques au cours de réactions d'acétylation, de phosphorylation, de glycosylation, de nucléotidylation ou de ribosylation. Les enzymes impliquées dans ce type de mécanisme forment le groupe le plus vaste des enzymes de résistance. Elles ont généralement besoin de co-substrats, tels que l'ATP ou l'acétyl-CoA, présents dans le cytoplasme. L'inactivation des antibiotiques ne se produira donc qu'après leur pénétration dans la bactérie (Wright, 2005).

Ainsi, les aminoglycosides acétyltransférases (AAC) ajoutent un groupement acétyle sur les fonctions amine ou hydroxyle des aminoglycosides. Cette modification diminue l'affinité de ces derniers pour leur cible, à savoir la sous-unité 30S des ribosomes.

4.6.2.3. Inactivation par oxydo-réduction

Les modes de résistance par hydrolyse et par modification enzymatique sont les plus répandus mais de nouvelles voies d'inactivation des antibiotiques apparaissent. Ainsi, l'activité d'enzymes oxydo-réductrices a été décelée dans les mécanismes de résistance

développés par certaines bactéries. Ces mécanismes sont comparables au processus de détoxification des mammifères, catalysé par les cytochromes P-450 (Guengerich, 2001).

4.6.3. Altération des cibles cellulaires des antibiotiques

La modification de la cible d'un antibiotique est un mécanisme commun de résistance (Lambert, 2005). Elle est la conséquence d'une mutation spontanée au niveau d'un gène bactérien ou de l'acquisition du gène de résistance (par conjugaison, transduction ou transformation). Les changements occasionnés doivent inhiber l'action des antibiotiques tout en maintenant la fonction cellulaire de la cible.

Toute modification de la cible doit être compensée par des changements cellulaires, elle peut toucher la structure de la cible mais aussi sa concentration (Lambert, 2005). Les cibles de la vancomycine sont les sous-unités constitutives du peptidoglycane.

Chapitre II: Matériel et méthodes

1. Enquête sur terrain

1.1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans la région de Guelma et plus précisément au complexe « le course » qui se trouve au Nord-est de cette région. Ce complexe résidentiel regroupe 30 immeubles, chacun de ces immeubles comporte 4 étages et une cave les nids sont régulièrement construits dans les cages d'escalier des bâtiments, sur le sommet des portes d'accès aux appartements et sur les balcons (Haddad *et all*, 2015).

Les critères qui font de ce complexe un site privilège pour pouvoir réaliser cette étude :

- La fréquentation de cette zone par l'Hirondelle rustique en tant qu'oiseau urbain.
- La disponibilité des nids dans les différents points des immeubles (souvent les nids ne sont pas gênés ni détruits par les humains).
- L'accessibilité aux nids est facile que ce soit directement (à hauteur dépassant 1 m) ou que ce soit à l'aide d'un escabeau (nid un peu haut).

1.2. Echantillonnage

Les immeubles qui renferment des nids occupés de l'hirondelle rustique (occupés : qui répondent aux critères de nichée, ponte, cuvée, éclosion et envol) ont été choisis de manière aléatoire mais respectant les mêmes immeubles choisis dès le début de chaque prospection. Le tableau 03 ci-dessous résume le plan d'échantillonnage suivi.

1.3. Prélèvement

Le prélèvement des fientes des oisillons de notre modèle biologique tient en compte les points suivants :

- **La ponte**

Comme il est déjà évoqué qu'*Hirundo rustica* a deux nichées c'est-à-dire deux pontes ; la première se passe entre le mois d'Avril et Mai et la deuxième ayant lieu entre Juin et Juillet. On s'est lancé pour la recherche des bactéries dans les fientes issues des deux pontes, cependant, des facteurs limitants (temps et matériel), nous avons mis l'accent sur

l'identification des souches bactériennes et leur antibiogramme des échantillons de la deuxième ponte.

- **L'âge des oisillons**

C'est un facteur très important pour effectuer les prélèvements des fientes, avec les petits de l'hirondelle, chaque un de ses petits a été l'objet de trois prélèvements ; lorsqu'il a cinq jours après l'éclosion, dix jours et enfin quinze jours (au bout de 15 jours le petit peut s'envoler).

1.3.1. La prise des fientes

La prise de déjections des oisillons consiste à tenir l'oisillon dans la main ou le mettre sur un support, ensuite on prend un tube à vice stérile au préalable et diriger ce dernier vers l'orifice anale de petit où on appuya délicatement sur son ventre pour le pousser à propulser ses déjections à l'extérieur, veillant à ce que ces dernières soient récoltées directement dans le tube stérile. Il faut marquer chaque tube d'échantillon par un autocollant en écrivant le dessus le numéro du bloc, du nid et de l'individu, l'âge.

N.B : L'asynchrone de l'éclosion nous aide à différencier entre les âges oisillons congénères.



Figure 06: Les oisillons de l'hirondelle rustique retirés de leur nid.

Une fois qu'on a obtenu les fientes dans les tubes à essai, ces derniers sont ensuite transférés dans une glacière (+4°C) pour les conserver et transporter au laboratoire de la DDS (Direction de la santé) qui prend pour y arriver environ vingt minutes à pieds.

N.B : Il faut signaler aussi qu'on a pris en considération des œufs (9) non éclos (pas d'embryon) qui ont été trouvés dans les nids prospectés et qui ont été rajoutés aux fientes pour les analyses au laboratoire, le tableau suivant résume les éléments de l'échantillonnage.

Tableau 03: Plan de l'échantillonnage.

N° de la ponte	2 ^{ème} ponte		
	1 ^{er} prélèvement âge : 5jours	2 ^{ème} prélèvement âge : 10 jours	3 ^{ème} prélèvement âge : 15 jours
N° de prélèvement selon de l'âge			
Nombre de blocs prospectés	3	3	3
Nombre de nids occupés	7	7	7
Nombre d'échantillons de fientes	21	25	23

2. Etude au laboratoire

L'objectif de cette étude consiste à trouver des bactéries appartenant à différentes familles :

- ☞ Entérobactéries : *Salmonella*, *Yersinia*...etc,
- ☞ Des bacilles à Gram négatifs non fermentaires : comme *Pseudomonas*.
- ☞ Des bacilles à Gram négatifs fermentaires : *Vibrio*.
- ☞ Et enfin des bacilles à Gram positif : où on y rencontre *Bacillus*.

Cette partie pratique fait recours à des protocoles microbiologiques pour chaque cible bactérienne bien déterminée citant le protocole de : *Bacillus*, Entérobactéries : *Salmonella* et *Yersinia*, *Pseudomonas* et enfin *Vibrio*.

Ces protocoles seront décrits par la suite en détails, et l'identification des germes trouvés porte à l'échelle du genre ou de l'espèce.

2.1. Méthodes d'isolement et d'identification

2.1.1. Préparation de la suspension mère

La préparation de la suspension mère consiste à ajouter un volume de 10 ml de la solution de TSE (Tryptone sel eau) à chaque tube à essai stérile contenant déjà les fientes. Après, on les agite très bien afin de les homogénéiser. Les conditions d'asepsie sont toujours réalisées.



Figure 07: Préparation de la suspension mère.

2.1.2. Ensemencement et isolement

2.1.2.1. Bacillaceae; *Bacillus* (bacille à Gram positif)

Une bactérie répandue dans la nature que l'hirondelle rustique peut la porter. Le protocole qui permet l'obtention de *Bacillus* semble facile à réaliser sans faire les étapes préalables des pré-enrichissements ou d'enrichissements.

☞ Culture

L'obtention des colonies de *Bacillus* est basée sur la consommation de cette dernière à l'amidon, à partir de la suspension mère préparée on prélève un échantillon avec l'outil d'ensemencement (une anse de platine ou une pipette Pasteur stériles), on réalise un ensemencement par des stries alternatives sur une couche épaisse (environ 1cm) de gélose nutritive ordinaire à l'amidon GNA coulée à l'avance, toujours dans les conditions d'asepsie. le GNA permet une apparition favorable au *Bacillus*, puis on incube les boîtes de Pétri en position renversée à 37°C pendant 8 jours (Delarras, 2014).

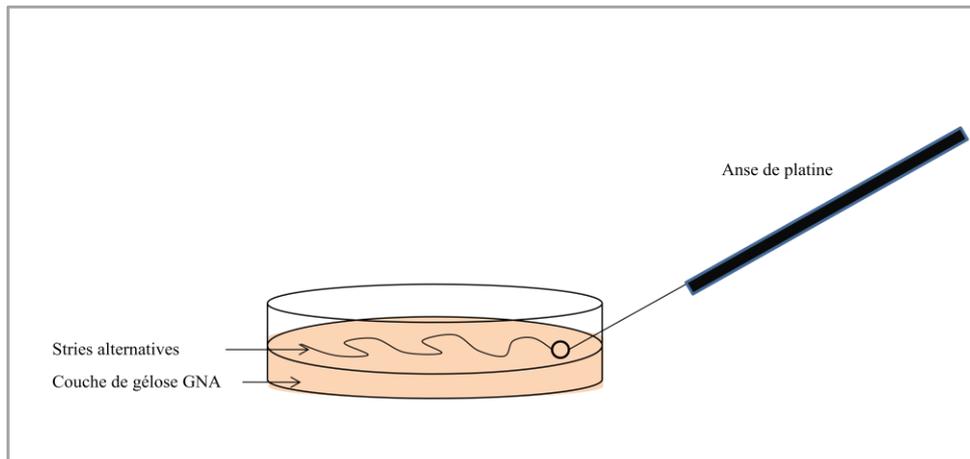


Figure 08: Un schéma qui montre les stries alternatives sur la gélose GNA.

L'identification des *Bacillus* est faite premièrement par lecture de colonies sur la gélose GNA, le test du lugol, coloration de Gram, et l'API 50 CHB.

☞ **Lecture sue GNA**

Les colonies de *Bacillus* sont volumineuses de 4-5mm ayant la forme de chou-fleur ou de roses, à aspect crémeux ou sec à contour régulier ou irrégulier respectivement.

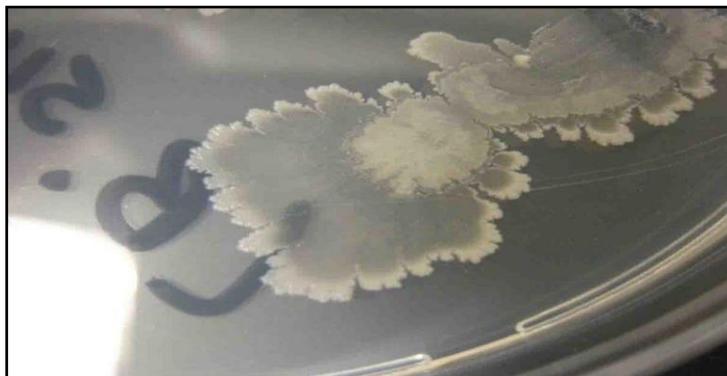


Figure 09: l'aspect de colonies de *Bacillus* sur GNA (Site internet).

☞ **Test du lugol**

Il consiste à recouvrir de lugol la surface de GNA après culture, le test est dit positif lorsqu'il y a absence du colorant autour des colonies (absence de l'amidon) voir Fig.12, formant ce qu'on appelle zones de lyses où l'amidon a été hydrolysé par l'enzyme α -amylase de la bactérie. La positivité du test du lugol nous oriente vers la coloration de Gram afin de déterminer le gram de *Bacillus*, la présence des spores et leurs caractéristiques.



Figure 10: Test du lugol positif (Site internet).

☞ Coloration de Gram

La coloration de Gram est théoriquement positive peut être négative (le groupe 1 de *Bacillus* garde mieux la coloration). Les espèces du genre *Bacillus* sont classées sur leur morphologie, la présence et la position de leurs spores (J-L. Avril *et al*, 1992).



Figure 11: Image microscopique de *Bacillus* à Gram positif (X100) (Site internet).

N.B : en vue de problèmes techniques on ne pouvait pas identifier biochimiquement les échantillons de *Bacillus* à l'aide de l'API conçue pour ce type de bactéries.

2.1.2.2. *Enterobacteriaceae*

La famille des Entérobactéries englobe une gamme non négligeable de différentes espèces. Parmi les espèces qu'on a voulu isoler et qui sont mal réputées à cause des ravages qu'elles causent chez la population humaine mondiale; *Salmonella* et *Yersinia*.

❖ *Salmonella*

La recherche des Salmonelles peut se réaliser en deux étapes :

☞ **Enrichissement**

C'est une étape cruciale en utilisant le bouillon de Rappaport-Vassiliadis (RV) coloré en bleu clair qu'on lui ajoute 1ml de la suspension mère. Ensuite, c'est l'incubation à 37°C pendant 24 heures. L'étape est refaite pour la deuxième fois pour veiller à avoir une bonne sélectivité (Fofana, 2004).

☞ **Isolement**

L'isolement des Salmonelles s'effectue sur une gélose solide sélective généralement la gélose Hektoen (J-L. Avril *et al*, 1992). Après incubation de RV, tout virage de la couleur bleue indique qu'il y a une pousse et le tube qualifié de positivité, par la suite on prélève un échantillon de tube de RV positif avec l'outil de l'ensemencement, on l'ensemence sur Hektoen suivie par une incubation à 37°C durant 24 heures.

L'identification des Salmonelles commence par une première lecture des colonies sur la gélose Hektoen. Ce dernier un milieu très utilisé pour l'isolement des bactéries à Gram négatif (Entérobactéries, *Pseudomonas*, *Vibrio*...), il se caractérise par sa composition glucides (salicine, lactose et saccharose), en peptones, en sels biliaries (inhibiteurs des bactéries à Gram positif), un indicateur de pH (bleu de bromothymol, fuschine acide), et un indicateur de production de H₂S (citrate de fer).

☞ **Lecture macroscopique**

Les colonies de *Salmonella* qui poussent sur Hektoen sont lises et interprétées comme le suivant (Chouder, 2006):

Tableau 04: Lecture et interprétation des colonies poussant sur Hektoen (Site internet).

Lecture	Interprétation
Colonies Saumon	<i>Escherichia, Levinea, Citrobacter, Serratia, Yesinia.</i>
Colonies Saumon à centre gris	<i>Proteus vulgaris</i>
Colonies bleu-vert	suspicion de <i>Shigella</i> ou <i>Salmonella...etc.</i>
Colonies bleu-vert et centre noir	suspicion de <i>Salmonella</i> et <i>Proteus</i>



Figure 12 : Aspect de *Salmonella* sur gélose Hektoen (Site internet).

☞ **Coloration de Gram**



Figure 13 : Image microscopique de *Salmonella* ; bacille à Gram négatif (X100) (Site internet).

L'utilisation des systèmes API d'identification biochimique s'avère incontournable.

☞ **Identification biochimique**

Comme il a déjà été dit que *Salmonella* a les caractères des entérobactéries, et ainsi son identification par la galerie biochimique API 20E.

La microgalerie ou système API

La galerie API (Analytical Profil Index) est une version miniaturisée des tests biochimiques classiques destinée à l'identification des bactéries. Il en existe plusieurs types galeries API (API 20 pour les Entérobactéries, API NE destinés aux bactéries non

entérobactéries, API Bacillus, API Staph.), et leurs techniques d'inoculation se diffèrent selon le type du germe concerné par l'identification.

☞ Principe

Des substrats déshydratés sont contenus dans les microtubules, ces substrats sont mis en solution grâce à l'addition de d'une suspension de la bactérie à identifier ; colonie pure + 5ml d'eau distillée stérile, c'est le cas de l'API 20E, ou bien grâce à l'inoculation du micro-organisme testé dans un milieu (ou bien médium) pour avoir une suspension bactérienne constituant le milieu à inoculer dans les microtubules ; le cas de l'API NE et API 50 CH. Les réactions produites pendant l'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés (virage du pH) ou révélés par des réactifs (Biomérieux® SA, 07964F - FR - 2005/12, 01).

☞ Lecture

Les diverses réactions sont notées et les résultats obtenus constituent le profil biochimique de la souche donnant le code de l'identification composé de 7 chiffres. La lecture se fait à l'aide d'un catalogue analytique ou d'un logiciel ⁽¹⁾ qui fait la comparaison de tous les résultats obtenus pour la souche étudiée avec les informations contenues dans la base de données.

L'API 20E : un système standardisé pour l'identification des *Enterobacteriaceae* (*E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*...) et autres bacilles à Gram négatif non fastidieux (Ex : *Vibrio*), comprenant 21 tests biochimiques miniaturisés, ainsi qu'une base de données (Biomérieux® SA, 07584J - FR - 2010/05, 01).

Tableau 05: Les différents tests de l'API 20E.

L'abréviation du test	Le composant et sa réaction
ONPG	-Déterminer la présence de l'enzyme 2-nitrophényl-βD-galactopyranoside
<u>ADH</u>	-Transformation de L-arginine par l'arginine déshydrolase
<u>LDC</u>	-Transformation de L-lysine par la lysine décarboxylase
<u>ODC</u>	Transformation de L-ornithine par l'ornithine décarboxylase.
<u>CIT</u>	Utilisation de Trisodium citrate comme seule source de carbone
<u>H2S</u>	Production de sulfure d'hydrogène (H ₂ S) à partir le thiosulfate(S ₂ O ₃)
<u>URE</u>	Libération de l'ammoniac à partir de l'urée grâce à l'uréase

TDA	Formation de l'acide indolepyruvique à partir de L-tryptophane grâce à la tryptophane désaminase
IND	Formation de l'indole à partir L-tryptophane
VP	Formation d'acétoïne à partir du sodium pyruvate
GEL	Liquéfaction de la Gélatine (protéine d'origine bovine)
GLU, MAN, INO, SOR, RHA, SAC, MEL, AMY, ARA	Formation d'acide suite à l'utilisation d'un hydrate : D-glucose, D-mannitol, Inositol, D-sorbitol, L-rhamnose, D-saccharose, D-mélibiose Amygdaline, L-arabinose

❖ *Yersinia*

Les fientes des oisillons constituent des échantillons issus de l'environnement d'une manière indirecte, et pour la recherche de la bactérie *Yersinia* dans ces déchets animaux une méthode d'enrichissement est premièrement faite.

☞ **Enrichissement**

L'enrichissement de *Yersinia* se fait en milieu liquide ; le bouillon nutritif à basse température +4°C pendant plusieurs jours (en occurrence : 14 jours). L'exemple de ces bactéries psychrophiles *Y. enterocolitica* et *Y. pseudotuberculosis* qui peuvent se multiplier à des températures comprises entre + 4 et + 10°C (Avril *et al*, 1992).

☞ **Isolement**

La culture de *Yersinia* peut être envisagée sur gélose Mac Conkey (Crenn, 2004), sur laquelle on ensemence un échantillon du tube de bouillon nutritif positif (apparition de trouble) et on incube à + 4°C pendant 11 jours (Simonet *et al*, 2005).

La culture des échantillons enrichis par froid de *Yersinia* a été effectuée sur milieu Mac Conkey qui est utilisée aussi pour l'isolement des bactéries à Gram négatif surtout qui fermentent le lactose. Sa composition en sels biliaires et le cristal violet (violet de Gentiane) qui jouent le rôle d'inhibiteurs de la flore à Gram positif, des glucides (lactose), et un indicateur de pH (rouge neutre). Sur la base de l'utilisation ou non du lactose, on distingue (Chouder, 2006):

-**Lactose (+)** : colonies rouges entourées d'un halo opaque de la même couleur dû à la précipitation des sels biliaries en milieu acide.

-**Lactose (-)** : colonies jaunes ou incolores.

☞ Lecture macroscopique

Yersinia qui ne fermente pas n'utilise pas le lactose, ses colonies sont circulaires convexes soit incolores, grises, ou rose pâles, à surface lisse, brillante et humide et la Fig.16 montre ces observations (Crenn, 2004).



Figure 14: Aspect de colonies de *Yersinia* sur gélose Mac Conkey (Site internet).

☞ Coloration de Gram



Figure 15 : Image microscopique qui montre le Gram négatif de *Yersinia* (X100) (Site internet).

☞ Identification biochimique

L'identification du profil biochimique de *Yersinia* fait appel à la galerie API 20E.

2.1.2.3. *Pseudomonaceae*; *Pseudomonas*

Pseudomonas est fréquente dans l'environnement ce qui peut augmenter la possibilité de son transfert via l'hirondelle.

☞ **Isolement**

Cette bactérie peut se cultiver directement à partir des échantillons sur un milieu solide sélectif pour les *Pseudomonas* qui est le Cétrimide, à partir de la suspension mère réalisant la technique d'épuisement par stries sur cette gélose pour avoir des colonies bien isolées, puis l'incubation se fait à 37°C pendant 24-48 heures.

L'identification de *Pseudomonas* passe par des étapes avant de procéder à l'utilisation de la galerie API NE.

Le milieu d'isolement de *Pseudomonas* est la gélose Cétrimide ; un milieu composé de facteurs de croissance (peptone), d'un inhibiteur des Gram positifs (cétrimide ; antiseptique bactériostatique de la famille des ammoniums quaternaires), de l'acide nalixidique qui agit comme un bactéricide sur les bactéries à Gram négatifs (Entérobactéries) et des ions minéraux.

☞ **Lecture macroscopique**

Pseudomonas est connue par la production des pigments qui diffusent dans le milieu et confèrent aux colonies deux aspects ; l'un est bleu-vert du à la pyocyanine et l'autre est jaune-vert suite à la pyoverdine.

☞ **Test d'oxydase**

C'est une réaction qui peut se faire à l'aide de disques prêts à l'emploi du commerce, imprégnés de réactif (l'oxalate de N-diméthyl-paraphénylène-diamine) et conservés à 4°C.

Ces disques sont mis sur une lame stérile contenant de l'eau distillée ou de l'eau physiologique sur lesquels on enfonce la colonie suspectée.

Une réaction positive se traduit par l'apparition d'une coloration violette foncée, soit immédiatement, soit quelques secondes après. La lecture est limitée à 30 secondes :

- *Pseudomonas aeruginosa* (test instantanément positif)

- *Burkholderia cepacia* (test positif après 20 à 30 secondes)

***Remarque** : dans notre travail, ce test n'a été utilisé que pour l'identification des colonies du apparatus sur les boîtes de Cétrimide.

☞ **Milieu King A et King B**

La gélose semi-inclinée de King A et King B permet une orientation importante pour pouvoir identifier l'espèce du genre *Pseudomonas*.

☞ **Identification**

L'API NE : un système standardisé pour l'identification des bacilles Gram négatif non entérobactéries et non fastidieux ayant l'oxydase positif (*Pseudomonas*, *Vibrio*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Moraxella*...) combinant 8 tests conventionnels, et 12 tests d'assimilation.

Tableau 06: Les différents tests de l'API NE.

L'abréviation du test	Le composant et sa réaction
NO3	Réduction potassium de Nitrate en nitrite (1 ^{ère} réaction) puis réduction du nitrate en azote (2 ^{ème} réaction).
TRP	Formation d'indole à partir de L-Tryptophane
<u>GLU</u>	Fermentation du D-Glucose
<u>ADH</u>	Transformation de L-arginine par l'arginine déshydrolase
<u>URE</u>	Libération de l'ammoniac à partir de l'urée grâce à l'uréase
ESC	Hydrolyse de l'esculine citrate de fer par β -glucosidase
GEL	Hydrolyse (protéase) de la gélatine
PNPG	Déterminer la présence de l'enzyme β D-galactosidase Para-nitrophényl- β D-galactopyranoside
<u>GLU</u> , <u>ARA</u> , <u>MNE</u> , <u>MAN</u> , <u>NAG</u> , <u>MAL</u> , <u>GNT</u> , <u>CAP</u> , <u>ADI</u> , <u>MLT</u> , <u>CIT</u> , <u>PAC</u>	Assimilation du D-glucose, L-arabinose, D-mannose, D-mannitol, N-acétyl-gluocsamine, D-maltose, potassium gluconate, acide caprique, acide adipique, acide malique, trisodium citrate et enfin acide phénylacétique

2.1.2.4. *Vibrionaceae; Vibrio*

Le genre *Vibrio* comprend une trentaine d'espèces dont une douzaine sont pathogènes pour l'Homme, parmi elle, se trouve l'agent responsable du choléra (Decoster, *FLM*, p.1-5).

☞ **Enrichissement**

Comme la Salmonelle, les Vibrions requièrent un enrichissement par le bouillon de l'eau peptonée alcaline EPA. On procède à un enrichissement des échantillons, mettant 1ml de la suspension mère dans les tubes contenant environ 10 ml de l'eau peptonée alcaline après, on incube ces tubes à 37°C pendant 6 heures.

☞ **Isolement**

Si les tubes de l'EPA manifestent surtout la présence d'un voile en surface (même l'apparition de troublesse dans le reste du tube), l'étape suivante consiste à ensemencer une partie de ce voile sur gélose GNAB (gélose nutritive alcaline biliée) par épuisement, ensuite la mise des boîtes à l'étuve à 37°C pendant 24heures.

La gélose GNAB (gélose nutritive alcaline biliée) permet la sélection des Vibrions qui peuvent résister aux sels biliés et tolèrent un pH alcalin.

☞ **Lecture macroscopique**

Les colonies de *Vibrio* sont de 2-4 mm de diamètre, à contour réguliers, plates, transparentes de couleur bleutée et translucides



Figure 16: Colonies de *Vibrio* sur gélose GNAB (Site internet).

☞ Coloration de Gram

Le genre *Vibrio* est un bacille à Gram négatif, incurvé en virgule très mobile.



Figure 17: Image microscopique de *Vibrio*, bacille incurvé (X100) (Site internet).

☞ Identification biochimique

On peut identifier les espèces de ce genre à l'aide de l'API 20 E et l'API NE.

N.B : on n'a pas fait la recherche de Vibrions au cours du 3ème prélèvement.

2.2. Antibiogramme

L'antibiogramme ou la détermination de la sensibilité d'un germe aux agents antibactériens est l'étude de la croissance en présence d'un gradient de concentrations réalisées dans un milieu de culture (Ndiaye, 2005). La méthode de diffusion sur milieu solide est celle la plus utilisée (méthode standard).

☞ Principe

Il consiste à déposer à la surface de la gélose Muller-Hinton (4mm d'épaisseur préalablementensemencée (inondation ou écouvillonnage) par une suspension bactérienne équivalente au standard Mc Farland 0,5 ($\sim 10^8$ UFC/ml), des disques de papier-filtre rigoureusement standardisés et imprégnés d'une quantité calculée de l'antibiotique à tester (disques ayant 6mm comme diamètre).

Dès l'application des disques, les antibiotiques diffusent de manière uniforme si bien que leurs concentrations sont inversement proportionnelles à la distance du disque. Après une incubation de 18 à 24h à 37°C, les disques s'entourent de zones d'inhibition (le diamètre d'inhibition = d) circulaires correspondant à une absence de culture (CA-SFM).

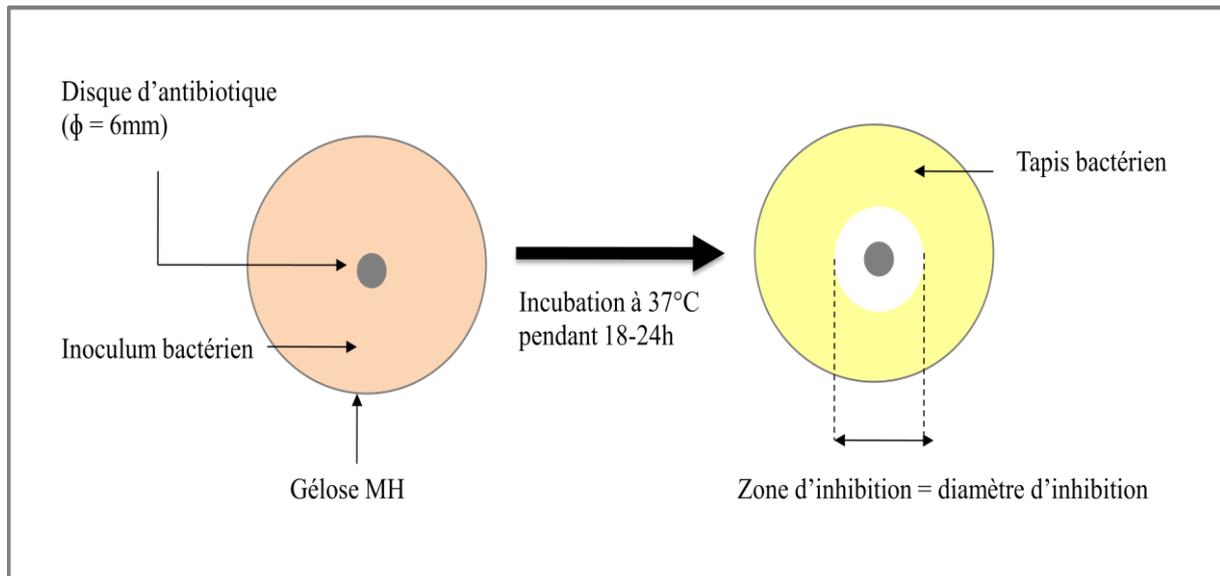


Figure 18: Schéma montrant le principe de la méthode de diffusion sur milieu solide.

La mesure de ces diamètres a pour but la détermination des catégories : sensible, intermédiaire ou résistante. Dans ce travail, les résultats des diamètres mesurés ont été comparés aux diamètres critiques publiés par le CA-SFM (Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie).

Tableau 07: Catégorisation selon les valeurs critiques (CA-SFM).

Catégorie	Diamètre
Sensible (S)	Diamètre $\geq D$
Résistante (R)	Diamètre $< d$
Intermédiaire (I)	$d \leq \text{Diamètre} < D$

D/d : diamètres critiques standards

Les antibiotiques qui ont été testés pour la réalisation de l'antibiogramme des espèces bactériennes identifiées, sont de l'ordre de 16 antibiotiques (Tab.08).

Il faut noter que chaque famille bactérienne a ses propres antibiotiques, mais dans cette étude on a appliqué tous les antibiotiques disponibles. Le tableau ci-dessous rassemble quelques données sur les antibiotiques utilisés.

Tableau 08: Les antibiotiques testés.

Antibiotique	Charge (µg)	Sigle	Famille
Amoxilline	20	AMX	β-lactamines
Ampicilline/sulbactum	10	AMP	
Céfoxitine	30	CX	
Céfazoline	30	CZ	
Pénicilline G	10	P	
Oxacilline (Pénicilline M)	1µl	OX	
Amikacine	30	AK	Aminosides
Gentamycine	10	GEN	
Kanamycine	30	K	
Streptomycine	120	S	
Vancomycine	30	VA	Glycopeptides
Erythromycine	néant	E	Macrolides
Chloromphénicol	30	C	Phénicolés
Colistine	10	CL	Polymyxines
Tétracycline	75	TE	Tétracyclines
Phosphomycine	200	FO	Autres : acides fosfoniques

Chapitre III: Résultats et discussion

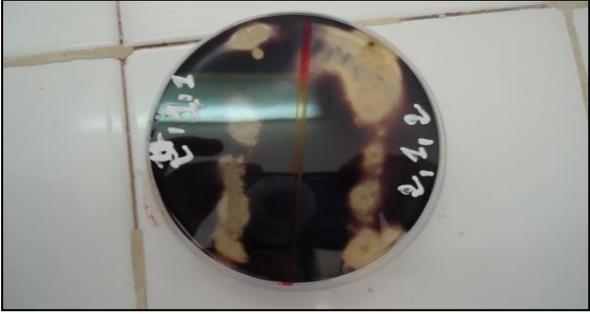
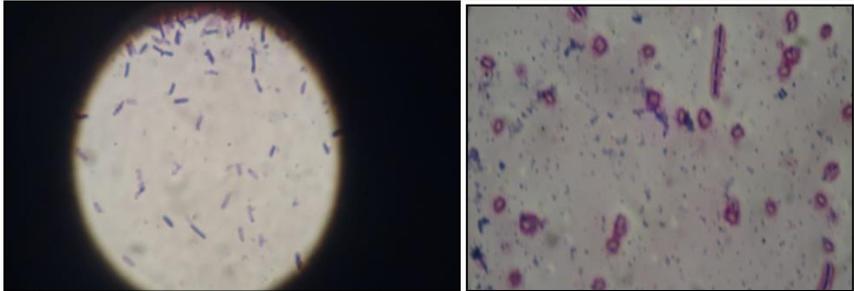
1. Résultats d'isolement et d'identification

1.1. Analyses des fientes

Les résultats d'analyses (isolement et identification) des cinq principales bactéries pathogènes recherchées dans les fientes; *Bacillus*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Yersinia*, et *Vibrio* montrent l'apparition de trois premiers genres.

1.1.1. Bacillus

Tableau 09: Identification de *Bacillus*.

Étape	Résultats d'identification
<p>Observation macroscopique</p>	 <p>Grandes colonies de 5-6mm, blanches, quelques une produisent un pigment qui vire au rouge et qui se trouve au centre de la colonie.</p>
<p>Test du lugol</p>	 <p>Test du lugol est positif ; hydrolyse de l'amidon par l'enzyme α-amylase.</p>
<p>Coloration de Gram</p>	 <p>La présence de l'espèce <i>Bacillus anthracis</i> (groupe 1) est probable : courtes chaînettes (voir longues) à extrémité carrée, présence de spore</p>

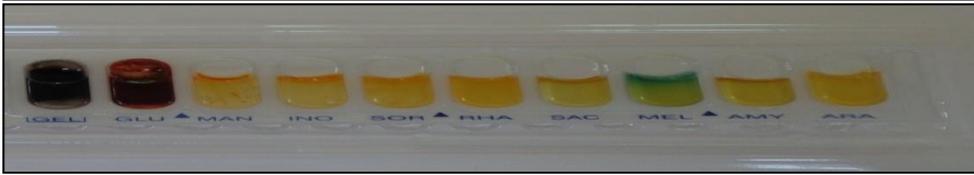
	ovoïde non déformante, présence de capsule, la capacité d'hydrolyser l'amidon (Avril <i>et al</i> , 1992).
--	--

N.B : *Des problèmes techniques ont empêché l'identification de tous les échantillons suspects de *Bacillus* par l'API 50CHB.

*L'identification reste limitée en raison de l'absence d'analyse de profils biochimiques que leur utilisation pourrait être judicieuse.

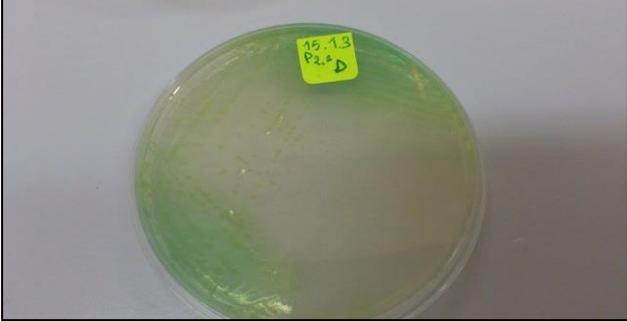
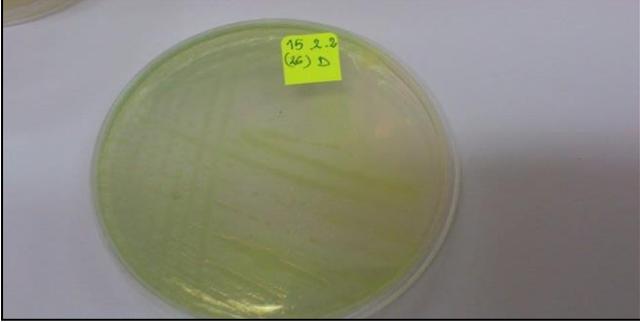
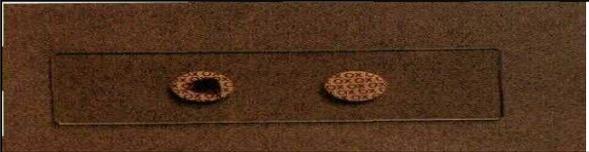
1.1.2. Salmonella

Tableau 10: Identification de *Salmonella*.

Etape	Résultats d'identification
<p>Observation macroscopique</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Sur gélose Hektoen, colonies bleu-vertes + un centre foncé.</p>
<p>API 20 E permet d'identifier deux espèces du genre <i>Salmonella</i></p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">   </div> <p>1) <i>Salmonella spp</i>: ONPG+, ADH-, LDC-, ODC-, CIT+, H₂S+, URE-, TDA-, IND-, VP-, GEL+, GLU+, MAN+, INO+, SOR+, RHA+, SAC+, MEL+, AMY+, ARA+ (image perso).</p>

1.1.3. Pseudomonas aeruginosa

Tableau 11: Identification de *Pseudomonas*.

Etape	Résultats d'identification
<p>Observation macroscopique</p>	<div style="text-align: center;">  <p>1) Colonies pigmentées en bleu-vert (pyocyanine).</p>  <p>2) Colonies pigmentées en jaune-vert (pyoverdine).</p> </div>
<p>Milieu King A et B</p>	<div style="text-align: center;">  <p>1) Sur la gélose inclinée de King B ; pigmentation jaune-verte.</p> </div>
<p>Test d'oxydase</p>	<div style="text-align: center;">  </div>

<p>API NE</p>	
<p>Les caractères biochimiques : NO₂⁻, TRP⁻, GLU⁻, ADH⁺, URE⁺, ESC⁻, GEL⁺, PNG⁻, GLU⁺, ARA⁻, MNE⁻, MAN⁺, NAG⁺, MAL⁺, GNT⁺, CAP⁺, ADI⁺, MLT⁺, CIT⁺, PAC⁻.</p>	

L'analyse de 69 échantillons de fientes montre que l'apparition de ces 3 genres où leurs effectifs sont représentés en fonction de l'âge

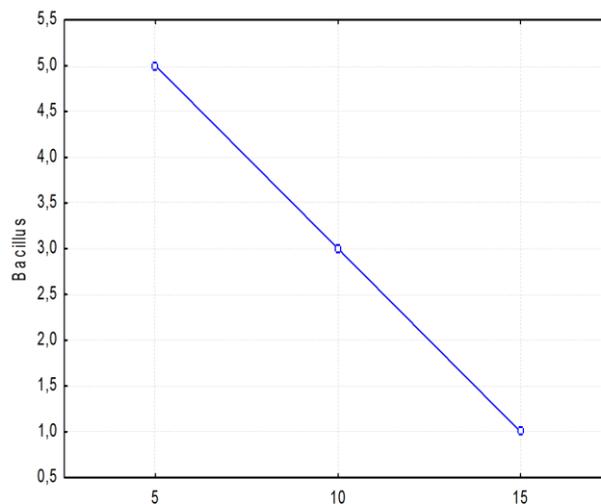


Figure 19: La variation des effectifs de *Bacillus* selon l'âge.

On observe que *Bacillus* occupe une place importante en ce qui concerne l'effectif des échantillons le plus élevé par 5 échantillons positifs chez les oisillons de l'âge de 5 jours : ce genre se trouve chez 3 oisillons qui nichent dans 3 nids différents dans le bloc 15 (15-1-3, 15-2-3 et 15-3-3) et chez deux congénères dans le même nid (17-4) du bloc 17 (17-4-2 et 17-4-3). L'âge de 10 jours, on met en évidence la réapparition de *Bacillus* dans le bloc 15 dans les nids (15-1 et 15-2) avec une répétition chez les mêmes individus 15-1-3 et 15-2-

3, une nouvelle apparition chez les oisillons du nid 2-1 (2-1-) et une disparition chez les individus du nid 17-4.

Enfin, un seul échantillon est dit positif qui se localise dans le nid 15-2 mais cette fois ci chez un congénère 15-2-1 ayant 15 jours.

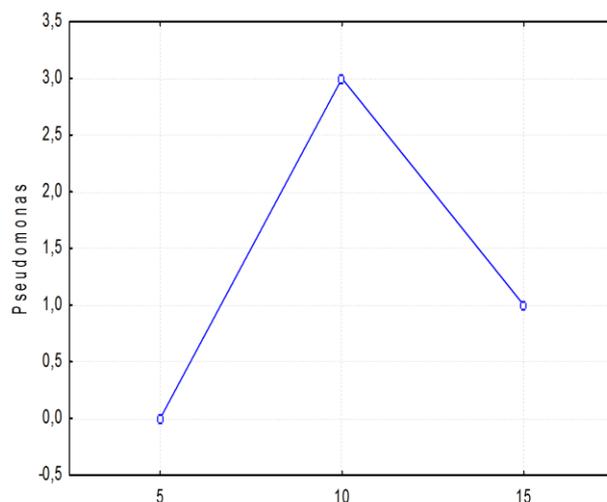


Figure 20: La variation des effectifs de *Pseudomonas* selon l'âge.

Cette bactérie connue comme pathogène, elle se montre absente chez les oisillons de 5 jours. Dès l'âge de 10 jours on la trouve chez 3 individus de différents nids (15-1-3, 15-2-2 et 2-2-3). A l'âge de 15 jours les *Pseudomonas* sont absents chez les individus précédents mais elle apparaisse chez un congénère de l'un des individus préalablement positif a l'âge de 10 jours c'est l'oisillon 2-2-1 le congénère de 2-2-3.

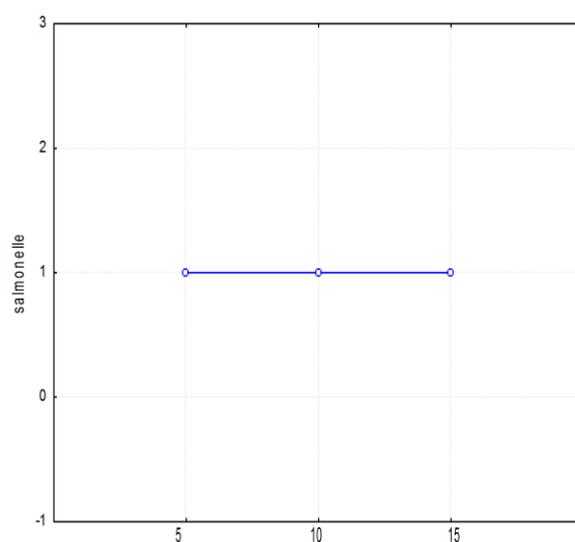


Figure 21: La variation des effectifs de *Salmonella* selon l'âge.

Trois prélèvements positifs des Salmonelles dans l'échantillonnage des fientes, elles sont présentes chez un seul individu (15-2-3) à l'âge de 5 jours. Puis à l'âge de 10 jours elles apparaissent chez un individu d'un autre nid (15-1-1). A l'âge de 15 jours elles réapparaissent chez un congénère de l'individu positif de 5 jours (15-2-2).

☞ *Yersinia* et *Vibrio*

Yersinia et *Vibrio* sont tout à fait absents dans notre échantillonnage (69 fientes). Il pourrait que ces germes soit qu'ils sont des bactéries rares (accidentelles) et qu'un simple nombre d'échantillonnage ne permet pas leur détection, soit qu'ils sont sensibles face à divers facteurs, le transport, l'enrichissement ou bien l'isolement, en plus les conditions physicochimiques du tube digestif qui font défaut pour leur transit.

Discussion

L'apparition et/ou la disparition des souches examinées sont occasionnelles, mais elles diminuent avec l'âge de 15 jours où la flore autochtone devient mature et le système immunitaire digestif devient plus développé.

Les *Bacillus* sont présents dès les premiers jours de naissance, ils viennent soit d'une origine maternelle (des œufs infecté) ou d'une origine nutritionnelle.

Cette bactérie ne sera exclue chez les individus infectés qu'à l'âge de 15 jours qui peut s'expliquer du fait de l'effet de la flore de barrière de l'intestin qui exerce un effet bactériostatique (Ducluzeau et Raibaud, 1989), l'infection des congénères peut être due à la salive des parents contaminés par les fientes des oisillons infectés suite à leur nettoyage des nids des fientes des oisillons avec leurs becs qui servent à la nutrition de tous les oisillons congénères. Tandis que l'infection des oisillons des nids proches est probablement liée au comportement social des adultes qui exploitent le même endroit contaminé pour la chasse des insectes captés pour nourrir leurs petits.

Il y a une apparition des *Pseudomonas* à l'âge de 10 jours chez 5 oisillons par rapport à 69 échantillons examinés, puis une diminution du nombre des oisillons infectés à un seul oisillon et une absence totale dans les premiers jours de naissance. Cela peut s'expliquer par une origine extérieure qui peut donner lieu à cette bactérie (la nutrition qui se varie selon

l'âge), cette dernière qui est occasionnellement présente chez les oisillons des nids proches pour les mêmes raisons décrites pour les *Bacillus*.

Salmonella se présent aléatoirement chez un individu dans chaque catégorie d'âge et peut être exclue juste dans les jours qui suivent l'infection, donc c'est une souche faible par rapport à la flore intestinale autochtone des oisillons, mais elle peut être transmise aussi à un congénère.

Cependant, la présence de *Salmonella* à faible fréquence chez les oisillons d'*Hirundo rustica* implique qu'elle peut être éliminée au fur et à mesure de la croissance de ces petits (système immunitaire ou bien la flore intestinale inhibitrice ou autre mécanisme), et par la suite son détection chez ces individus qui deviendront adultes sera probablement nulle. Car selon l'étude d'Haemig *et al* (2008) qui a été menée sur plus de 500 individus adultes d'*Hirundo rustica* pour la recherche de *Salmonella*, les résultats obtenus sont spectaculaires ; aucun échantillon de fientes n'a montré une positivité à *Salmonella*.

La flore intestinale joue un rôle important dans la digestion des aliments que les parents les fournissent à leurs oisillons. Cette flore est par conséquent a une forte composante environnementale et donc elle varie entre les individus de la même espèce (Lucas et Heeb, 2005), cette microflore est liée aussi à l'état nutritionnel particulier (Glunder 2002, Engberg *et al*, 2004) et la qualité phénotypique des individus (Moreno *et al*, 2003).

La transmission de différentes bactéries est liée parfois à la salive des adultes (Kely et Kely, 1993) qui est contaminée par beaucoup de bactéries grâce au contact avec de différents contaminants dans le milieu, elle peut-être due aussi à la transmission sexuelle des bactéries entre les gamètes masculins ou féminins chez les adultes lors de l'accouplement (Lombardo *et al*, 1999).

Les bactéries pathogènes peuvent compromettre l'investissement dans la croissance et réduisent la probabilité de survie ou même tuer leur hôte (Potti *et al*, 2002 ; Nutall, 1997), mais en outre les bactéries bénéfiques peuvent les exclure (améliorer la résistance de l'hôte et ayant un effet positif sur le succès de reproduction) (Lombardo *et al*, 1999).

Les souches qui ont été trouvées sont des bactéries pathogènes pour les oisillons et même pour nous mais heureusement la flore intestinale des oisillons peut se défendre contre la réapparition de ces souches chez le même individu ou un autre.

Le pourcentage reste faible pour déclarer le risque d'infection humaine mais ce n'est pas négligeable.

Cette analyse des fientes révèle aussi la présence d'autres germes. Les résultats des différentes espèces rencontrées au cours de chaque âge, elles sont classées selon l'appartenance à la famille.

Tableau 12: Les espèces identifiées au cours des 3 prélèvements.

Famille	Genre/espèce identifié(e)
<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>
<i>Burkholderiaceae</i>	<i>Burkholderia cepacia</i>
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>
	<i>Enterobacter cloacae</i>
	<i>Enterobacter sakazakii</i>
	<i>Escherichia coli 1</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae</i>
	<i>Kluyvera spp</i>
	<i>Morganella morganii</i>
	<i>Pantoea spp1</i>
	<i>Pantoea spp 2</i>
	<i>Proteus mirabilis</i>
	<i>Proteus vulgaris</i>
	<i>Providencia alcalifaciens</i>
	<i>Providencia rettgeri</i>
<i>Salmonella spp</i>	
<i>Serratia liquefaciens</i>	
<i>Pseudomonaceae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
<i>Neisseriaceae</i>	<i>Eikenella corrodens</i>
<i>Vibrionaceae</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>

☞ Age de 5 jours (1^{er} prélèvement)

21 échantillons de fientes ont été collectés et analysés au cours de cette tranche d'âge.

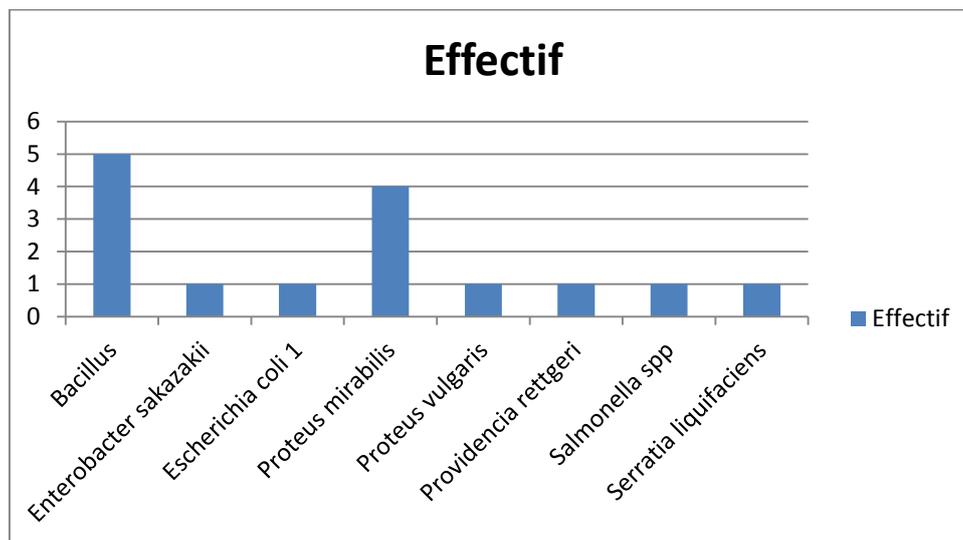


Figure 22: Effectifs des espèces identifiées de l'âge de 5 jours.

Le nombre d'espèces qu'on peut constater est de 8 espèces. L'effectif le plus élevé est celui de *Bacillus* (5 échantillons) suivi par *Proteus mirabilis* (4 échantillons), alors que les autres espèces *E. sakazakii*, *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *Providencia rettgeri*, *Salmonella spp* et *Serratia liquefaciens* partagent le même nombre qui est un seul échantillon pour chacune.

☞ Age de 10 jours (2^{ème} prélèvement)

La prise de 25 fientes et leur analyse ont révélé que 15 espèces bactériennes y sont présentes.

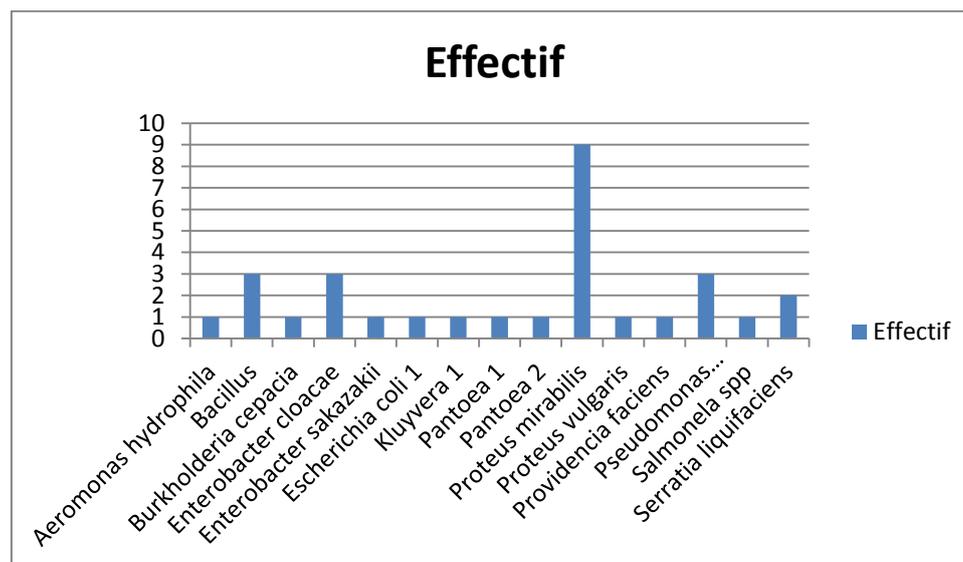


Figure 23: Effectifs des espèces identifiées de l'âge de 10 jours.

Les oisillons âgés de 10 jours, leurs fientes contiennent plus d'espèces par rapport à l'âge de 5 jours (15 espèces), avec l'augmentation remarquable de 9 échantillons attribué à *Proteus mirabilis* alors que *Bacillus*, *E.cloacae* et *P. aeruginosa* partagent 3 échantillons pour chacune, ensuite on rencontre *S.liquifaciens* à travers 2 échantillons. Enfin, le même nombre d'échantillon commun à *A.hydrophila*, *B.cepacia*, *E.sakazakii*, *E.coli*, *Kluyvera 1*, *Pontoea* 1 et 2, *P.vulgaris*, *P.faciens* et *Salmonella spp*.

☞ **Age de 15 jours (3^{ème} prélèvement)**

23 échantillons de fientes ont été analysés au cours de cet âge.

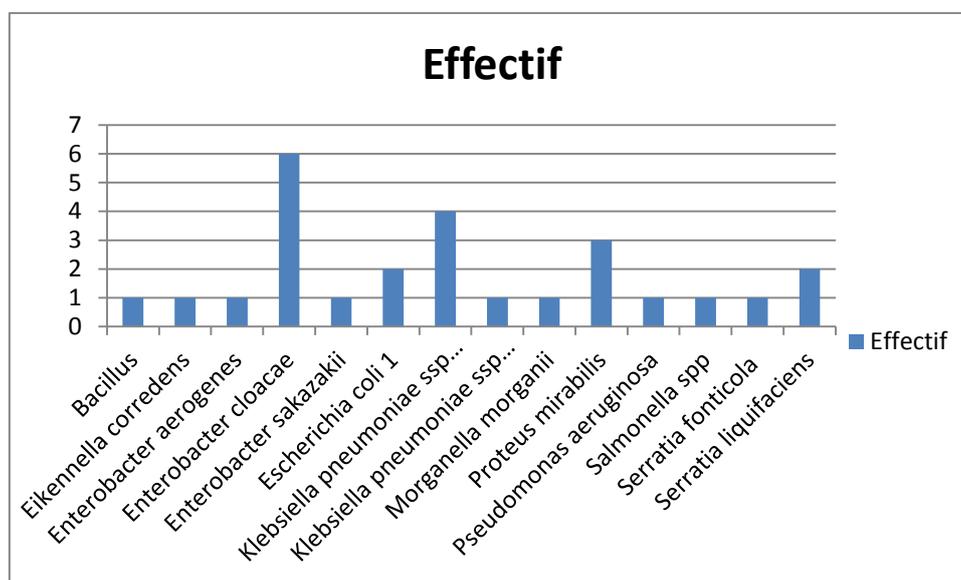


Figure 24: Effectifs des espèces identifiées de l'âge de 15 jours.

14 espèces constituent apparaissent, on note qu'*E.cloacae* occupe la première place de nombre d'échantillons le plus élevé par 6 échantillons. L'apparition de *Klebsiella ozaenae* avec 4 échantillons, mais la diminution de *P. mirabilis* arrive jusqu'à 3 échantillons, ensuite on trouve qu'*E.coli 1* et *Serratia liquefaciens* viennent avec 2 échantillons, alors que le reste des espèces apparaissent avec le même nombre d'échantillons ; 1.

N.B : toutes les espèces qui ont été identifiées ne restent qu'une simple partie d'une grande diversité microbienne gastro-intestinale à explorer, et les informations conclues seront relatives et elles ne sont pas décisives.

Discussion

Les constatations qu'on peut tirer des observations notées à partir de chaque graphe, c'est qu'au début de parcours de vie des oisillons le nombre des échantillons et les espèces identifiées varient d'un âge à un autre. C'est possible que ces variations sont liées à la fois à des facteurs externes et internes, respectivement la nutrition (Blanco *et al*, 2006) et l'environnement (Klomp *et al*, 2008), et les caractéristiques liés à l'hôte tels que le génotype (Banks *et al*, 2009), les conditions physiques (Klomp *et al*, 2008), le système immunitaire (Ruiz *et al*, 2011), et le sexe et comportement d'accouplement des parents (White *et al*, 2010).

1.2. Analyses d'œufs

Les résultats d'analyses (isolement et identification) des 9 œufs non éclos (pas d'embryons) des bactéries qui sont classées dans le tableau qui suit en fonction de leurs familles.

Tableau 13: Les espèces identifiées à partir des échantillons des œufs non éclos.

Famille	Genre/espèce identifié (e)
<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i>
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Citrobacter braakii</i>
	<i>Enterobacter aerogenes</i>
	<i>Enterobacter cloacae</i>
	<i>Escherichia coli 1</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae</i>
	<i>Pantoea spp1</i>
	<i>Pasteurella pneumotropica</i>
	<i>Proteus mirabilis</i>
	<i>Salmonella spp</i>
	<i>Salmonelle holeraesuis ssp arizonae</i>
	<i>Shigella spp</i>
<i>Vibrionaceae</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>

Les profils biochimiques de chaque espèce (sauf *Bacillus*) sur la galerie API 20E sont comme suivant :



Figure 25: Profil biochimique de *Citrobacter braakii*.



Figure 26: Profil biochimique d'*Enterobacter aerogenes*.



Figure 27: Profil biochimique d'*Enterobacter cloacae*.



Figure 28: Profil biochimique d'*E.coli 1*.



Figure 29: Profil biochimique de *Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae*.



Figure 30: Profil biochimique de *Pasteurella pneumotropica*.



Figure 31: Profil biochimique de *Proteus mirabilis*.



Figure 32: Profil biochimique de *Pantoea spp1*.



Figure 33: Profil biochimique de *Salmonella holeraesuis ssp arizonae*.

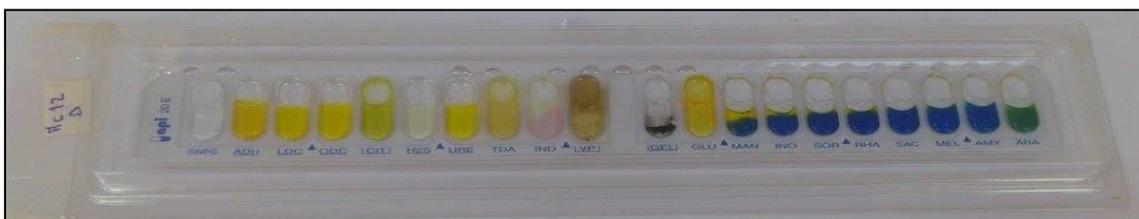


Figure 34: Profil biochimique de *Shigella spp*.



Figure 35: Profil biochimique d'*Aeromonas hydrophila*.

Les effectifs des 12 espèces (plus le genre *Bacillus*) sont représentés ci-dessous :

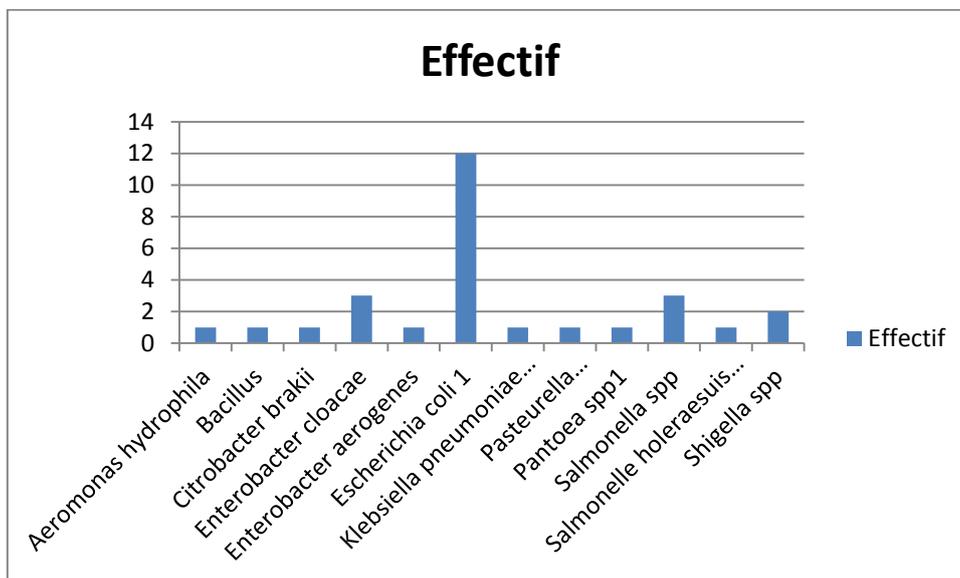


Figure 36: effectifs des espèces identifiées à partir des échantillons des œufs non éclos.

L'abondance totale est de 27, on note que la bactérie *Escherichia coli 1* a un pourcentage d'apparition le plus élevé qui est estimé de 44,44%, *E.cloacae* et *Salmonella spp* apparaissent par 11,11%, l'espèce *Shigella spp manifeste* 7,4% alors que le reste des autres espèces *Citrobacter braakii*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae*, *Pasteurella pneumotropica*, *Proteus mirabilis*, *Pantoea spp1*, *Salmonella holeraesuis ssp arizonae*, *Shigella spp* et *Aeromonas hydrophila* ont un faible taux d'apparition par rapport aux précédents et il est estimé par 3,7%.

Discussion

Les œufs non éclos qui n'avaient visiblement aucun embryon à leur intérieur, ont été pondus tardivement par rapport à ceux pondus en premier lieu, ce qui implique qu'ils sont dépourvus de réserves et substances maternelles de bonne qualité hautement nécessaires à la

réussite de l'éclosion, à titre exemple des facteurs de croissance (vitamines) et d'immunité, en plus ces œufs tardifs restent sous les poussins tout au long de la période d'élevage.

Si on calcule la moyenne de bactéries qui infectent les œufs, on trouve que 3, 85 à peu près 4 bactéries par œuf, en comparaison avec l'étude de Soler *et al* faite en 2011, on peut dire que les œufs de l'Hirondelle rustique sont perméables à plusieurs espèces bactériennes, car une bonne partie d'elles peuvent pénétrer la coquille des œufs (coquille poreuse).

Les interprétations qui peuvent y avoir lieu, la possibilité qu'une femelle déjà infectée transmette par la suite des germes à ses œufs pendant la période de formation des réserves de l'œuf (10 jours) (Saino *et al*, 2004) , en addition l'acquisition des microbes sexuellement transmis par les femelles via leur copulation avec des mâles (spermes infectés) (Lombardo *et al*, 1999) avec aussi une probabilité d'acquérir d'autres microbes bénéfiques (leur importance est d'améliorer la résistance de l'hôte et ayant un effet positif sur le succès de reproduction) (Lombardo *et al*, 1999). De plus, le retard d'éclosion joue un rôle incontournable dans leur infection ; l'environnement où se trouvent les œufs est composé d'un nid dans le quel ils coexistent avec des poussins qui rejettent leurs fientes dans le nid, et ainsi la probabilité d'une transmission bactérienne vers les œufs est possible. C'est pour cette raison, qu'on observe que les adultes veillent à garder les nids propres en rejetant les fientes des oisillons à l'extérieur loin des nids. Ces derniers vont prendre le relais à leur tour lorsqu'ils vont s'agrandir et construire leurs propres colonies.

Le fait de révéler la présence de bactéries pathogènes (*Salmonella spp*, *Shigella spp*, *Escherichia coli 1*) à l'intérieur des œufs qui ont échoué à éclore ne peuvent pas être interprétées comme étant la cause de l'échec d'éclosion parce que, par exemple, l'infection à travers la coquille par des bactéries peut avoir eu lieu après la mort des embryons (Soler *et al*, 2011).

Dans une étude de Saino *et al* publiée en 2002 qui dit que le transfert de facteurs immunitaires via l'œuf peut représenter une adaptation maternelle pour l'amélioration de la survie de la progéniture par transfert des immunoglobulines à l'embryon via le jaune d'œuf, tandis que le lysozyme, qui agit comme un important composant de l'immunité innée par digestion antibactérienne des peptidoglycanes de parois cellulaires bactériennes, est transféré à l'albumen. Le lysozyme est une composante majeure de l'immunité maternelle antibactérienne qui est transférée à des œufs chez les oiseaux. La même étude suggère que l'échec d'éclosion des œufs a diminué avec l'activité du lysozyme maternelle. Selon la même

étude, le lysozyme maternel varie au cours la saison de reproduction et peuvent améliorer de façon différentielle la défense immunitaire antibactérienne des œufs et des oisillons par rapport à l'ordre de pose.

Cette analyse supporte l'idée disant que les œufs de tel état ne constituent pas un milieu favorable pour l'embryogénèse, mais ils restent quand même un site privilège pour des contaminants pathogènes ; comme les bactéries que leur proportion était suffisante pour s'échapper à l'action antibactérienne des lysozymes.

Ces constatations suggèrent que l'immunité innée de la progéniture est influencée par les effets maternels précoces (Saino *et al*, 2002).

2. Résultats de l'antibiogramme

Les profils de sensibilité et de résistance des espèces identifiées dans le présent travail issues des fientes et des œufs, ont été établis selon les recommandations de CA-SFM publiées en 2012.

☞ *Pseudomonas*

Pour ce qui concerne *Pseudomonas aeruginosa*, 2 souches montrent en général un phénotype très proche de celui de la souche sauvage si on tient en compte les antibiotiques utilisés : les Aminosides (Amikacine, Gentamycine) et Phosphomycine sur ce que recommande la SFM. Cependant, une souche garde son phénotype sauvage de sensibilité naturelle vis-à-vis la colistine, et l'autre manifeste une résistance acquise à cet antibiotique.

L'interprétation probable pour expliquer cette résistance acquise vis-à-vis la colistine c'est que le bacille pyocyanique s'est défendu contre elle par altération de la perméabilité ; en gagnant des gènes codant pour la synthèse des protéines de pompes (système d'efflux bactérien) de type MexB, MexAB-OPrM, MexCD-OprJ, MexEF-OprN, et MexXY-OprM, ces gènes sont portés sur des éléments génétiques mobiles comme les plasmides (N. Mesaros *et al*, 2007).

☞ *Salmonella*

Les espèces de *Salmonella* (3 *Salmonella spp* et *Salmonelle arizonae*) manifestent une résistance acquise aux β -lactamines (Amoxicilline, Ampicilline/sulb, Céfoxitine et Céfazoline) et aussi aux polymyxines (Colistine) contrairement à ce qui est connu comme elles sont sensibles naturellement à ces deux familles d'antibiotiques.

On peut interpréter la résistance par le mécanisme de dégradation et/ou modification enzymatique des antibiotiques de la famille des β -lactames par la sécrétion des enzymes β -lactamases à spectre étendu (BLSE) de classe A (pénicillinases) et de classe C (céphalosporinases) (Sougakoff et Trystram, 2003 ; Guinoiseau, 2010). Les gènes, qui codent pour la synthèse de ces enzymes sont situés sur des éléments mobiles du génome (plasmides), ce qui implique une grande diffusion de ce mode de résistance (Biskri et Mazel, 2003).

Alors, la Colistine semble inefficace sur ce genre bactérien, car les Salmonelles ont probablement développé un mécanisme leur permettant de modifier la structure du LPS, et ainsi la capacité de modifier la perméabilité membranaire afin de minimiser l'entrée de l'antibiotique (Helander *et al*, 1994).

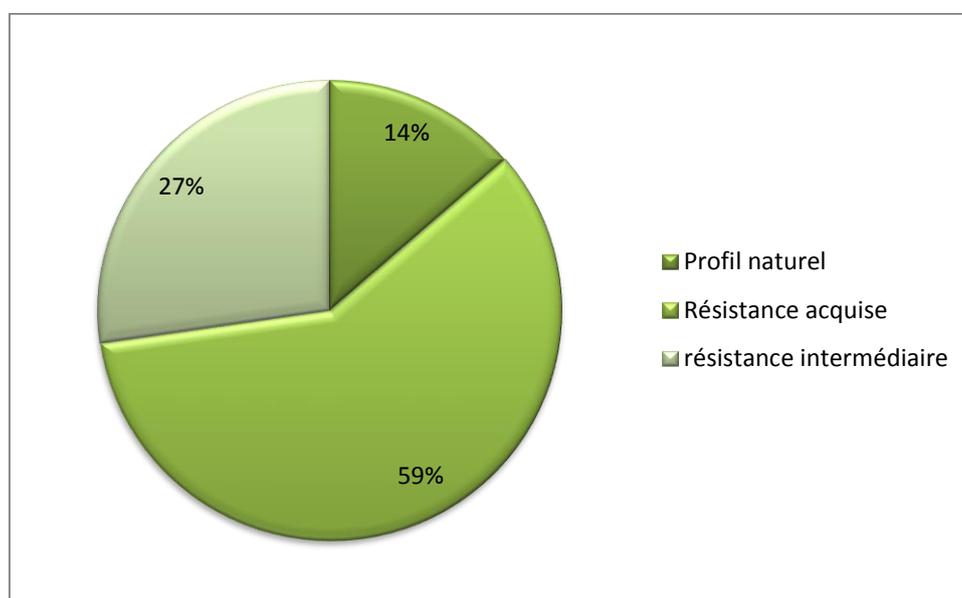


Figure 37: Les pourcentages de sensibilité et/ou résistance des souches testées.

Dans un total de 44 bactéries ayant subi un antibiogramme, on observe que 59% des bactéries étudiées ont acquis une résistance vis-à-vis les antibiotiques testés (au moins pour un seul antibiotique). Tandis que 27% représente le pourcentage des bactéries où leurs profils montrent la catégorie intermédiaire (au moins une catégorie par profil). Alors les bactéries qui manifestent des caractères sauvages de sensibilité ou de résistance naturelle dans leurs profils sont de 14%.

Tableau 14: Profil de la résistance des souches testées.

	AK	AMX	AMP	CZ	CX	C	CL	E	GEN	K	OX	P	FO	S	TE	VA
<i>Aeromonas hydrophila</i>	S	R	/	R	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
<i>Aeromonas hydrophila</i>	S	I	S	S	S	S	S	I	S	S	néant	I	S	S	S	/
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	/	/	S	S	/	R	/	S	S	néant
<i>Burkholderia cepacia</i>	S	/	/	/	/	S	S	/	S	/	/	/	S	/	S	/
<i>Enterobacter sakazakii</i>	S	R	R	R	R	I	S	R	S	S	R	R	S	S	I	/
<i>Enterobacter cloacae</i>	S	R	R	I	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	R	néant
<i>Enterobacter cloacae</i>	S	R	S	I	I	I	S	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
<i>Enterobacter cloacae</i>	S	I	S	I	I	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	I	néant
<i>Enterobacter cloacae</i>	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	néant	R	R	S	I	néant
<i>Enterobacter cloacae</i>	S	R	/	R	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
<i>Enterobacter aerogenes</i>	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	S	R	S	S	R	R	S	S	S	néant
<i>Citrobacter brakii</i>	S	R	R	R	S	S	R	I	S	S	néant	R	R	S	S	R
Phénotype sauvage	S	R	/	R	R	S	/	/	S	S	/	/	/	S	/	néant
<i>Escherichia coli 1</i>	S	I	S	S	S	S	S	I	S	S	néant	R	S	S	S	/
<i>Escherichia coli 1</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	néant	I	S	S	S	néant

Chapitre III: Résultats et discussion

Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	S	R	S	S	R	R	S	S	S	néant
<i>Kluyvera 1</i>	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	R	S	S	néant	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	S	R	S	S	R	R	S	S	S	néant
<i>Klebsiella oxytoca</i>	S	R	R	I	S	S	I	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	S	S	S	S	R	S	S	R	R	S	S	S	R
<i>Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae</i>	S	R	R	S	I	I	S	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
<i>Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae</i>	S	R	R	R	R	S	R	R	S	I	néant	R	S	I	I	néant
<i>Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
<i>Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae</i>	S	R	R	S	I	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	I	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	S	S	S	S	R	S	S	R	R	S	S	S	R
<i>Morganella morganii</i>	S	I	I	R	S	I	R	R	S	S	néant	R	S	R	R	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	R	R
<i>Pasteurella pneumotropica</i>	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	néant	R	S	S	S	néant
Phénotype sauvage	R	S	S	R	R	/	S	R	R	R	/	S	/	R	S	R
<i>Proteus mirabilis</i>	S	I	S	S	S	S	S	R	S	S	néant	I	R	S	R	néant
<i>Proteus mirabilis</i>	S	R	S	S	S	R	R	R	S	S	néant	S	S	S	R	néant
<i>Proteus mirabilis</i>	S	R	S	S	S	R	R	R	S	S	néant	R	S	S	R	néant
<i>Proteus mirabilis</i>	S	R	R	I	R	S	S	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant

Chapitre III: Résultats et discussion

<i>Proteus mirabilis</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	néant	S	S	S	R	néant
<i>Proteus mirabilis</i>	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	néant	R	S	R	R	néant
<i>Proteus mirabilis</i>	néant	S	S	S	S	R	R	R	S	S	néant	I	R	S	R	néant
<i>Proteus mirabilis</i>	S	R	R	S	S	I	R	R	S	R	néant	R	R	I	R	néant
Phénotype sauvage	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	R	R	S	S	R	R
<i>Proteus vulgaris</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	R	I	S	R	R	R
Phénotype sauvage	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	R	R	S	S	R	R
<i>Providencia rettgeri</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	néant	S	S	S	R	néant
<i>Providencia alcalifaciens</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	néant	S	néant	I	S	S	S	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	R	R
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	S	/	/	/	/	/	S	/	S	/	/	/	S	/	/	/
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	S	/	/	/	/	/	R	/	S	/	/	/	S	/	/	/
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	R	S	R	S	S	R	R	S	/	R	R
<i>Pantoea 1</i>	I	S	S	S	R	S	R	S	S	R	néant	I	S	R	S	S
<i>Pantoea 1</i>	S	S	S	S	R	S	R	S	S	R	néant	S	S	R	S	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	S	R	S	S	R	R	S	S	S	R
<i>Salmonella spp</i>	S	I	S	R	S	S	S	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
<i>Salmonella spp</i>	S	I	S	S	S	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant

Chapitre III: Résultats et discussion

<i>Salmonella spp</i>	S	R	R	R	S	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
<i>Salmonelle holeraesuis ssp arizonae</i>	S	R	R	I	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
Phénotype sauvage	S	R	S	S	R	R	S	S	S	R						
<i>Serratia liquifaciens</i>	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	R
<i>Serratia liquifaciens</i>	S	I	S	S	S	R	R	R	S	S	néant	I	S	S	R	R
<i>Serratia liquifaciens</i>	S	R	R	I	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	R	néant
<i>Serratia fonticola</i>	S	R	R	I	R	S	R	R	S	S	néant	R	S	S	S	néant
Phénotype sauvage	S	R	R	R	R	S	R	R	S	S	R	R	S	S	S	R
<i>Shigella spp</i>	S	R	R	R	R	S	R	R	I	S	néant	R	S	S	S	néant
Phénotype sauvage	S	R	S	S	R	R	S	S	S	R						

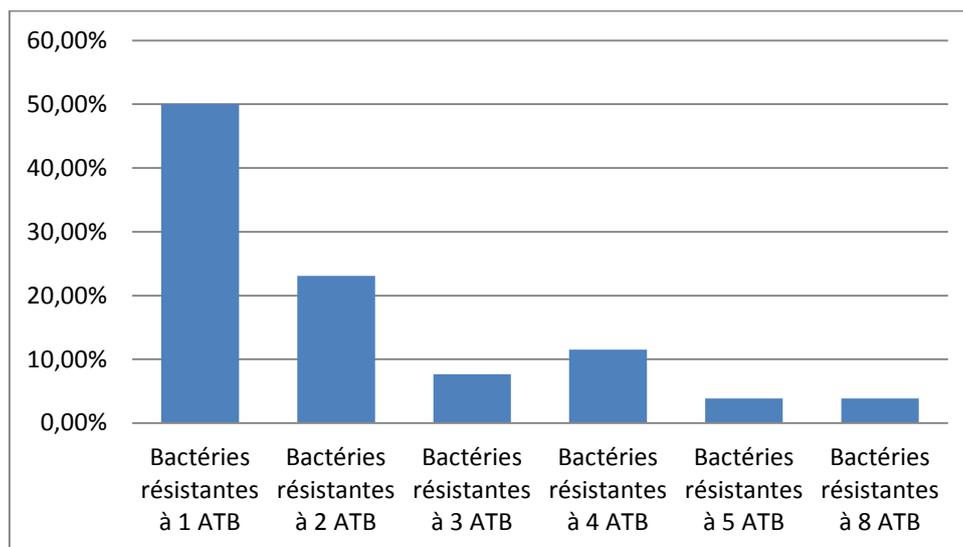


Figure 38: Pourcentage des bactéries manifestant une résistance acquise.

Le graphe qui se trouve au dessus nous montre que 50% des bactéries résistantes prouvent une acquisition d'un seul caractère de résistance, on peut citer *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli 1*, *Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae*, *Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae*, *Pasteurella pneumotropica*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella spp* et *Serratia liquefaciens*.

D'un autre côté, la moitié aussi présente une multirésistance (pour deux antibiotiques et plus), on peut rencontrer :

- ☞ **Résistance à deux antibiotiques (23.07%) :** c'est le cas d'*Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae*, *Proteus mirabilis*.
- ☞ **Résistance à trois antibiotiques (7.69%) :** on y trouve 2 espèces de *Proteus mirabilis*.
- ☞ **Résistance à quatre antibiotiques (11.53%) :** *Proteus mirabilis*, *Salmonella spp* et *Salmonelle holeraesuis ssp arizonae*.
- ☞ **Résistance à cinq antibiotiques (3.84%) :** *Shigella spp*.
- ☞ **Résistance à huit antibiotiques (3.84%) :** une espèce de *Proteus mirabilis*.

Discussion

On observe que le taux de bactéries émergentes (résistance acquise) est non négligeable et il est estimé de 59%. Il apparait clairement que la résistance aux antibiotiques devient un problème de santé publique extrêmement sérieux. Les deux grandes causes impliquées dans cette augmentation proviennent en grande partie de l'abus des antibiotiques et le transfert plasmidique (codant pour de différents mécanismes de résistance acquise). En premier lieu, un mauvais choix thérapeutique faisant appel aux antibiotiques comme leur prescription contre des infections virales, ou même ils sont utilisés sans que le germe pathogène ait été identifié ou que sa sensibilité aux antibiotiques ait été déterminée, en plus l'arrêt brutal d'une antibiothérapie favorise la survie des souches mutantes, mais l'automédication peut augmenter la prédominance de ces souches résistantes (Prescott *et al*, 1995).

En deuxième lieu, l'utilisation des antibiotiques dans l'alimentation animale peut contribuer à l'accroissement de la résistance à ces substances, où l'ajout de faibles quantités d'antibiotiques l'alimentation des bétails augmente l'efficacité et la vitesse de prise de poids. Hélas, des bactéries résistantes augmentent dans le système intestinal animal suite aux additions des antibiotiques.

Notifions que le contact principal entre les oisillons dans leurs nids et l'environnement s'établit principalement via leur régime alimentaire. Usui *et al* en 2013 prouvèrent que les insectes volants autour des fermes peuvent porter des bactéries multirésistantes issues des déjections de ces bétails et participer ainsi à la dissémination locale de leurs gènes. Cependant, l'étude d'Haemig en 2008 dit le contraire, il est possible que l'Hirondelle rustique contribue à la diminution des bactéries pathogènes qui se trouvent dans les granges ou les fermes par la prise des insectes circulant dans ces milieux.

Après ces oppositions, nous pouvons dire que c'est vrai que l'hirondelle rustique fréquente des fermes où l'utilisation massive des antibiotiques et la présence de bactéries nouvellement résistantes sont inévitables, et la contraction de ces dernières par la prise des insectes ne prouve rien du dogme qui incrimine cet oiseau et ainsi le cas de beaucoup d'oiseaux et les met dans la catégorie des grands responsables de dissémination des maladies chez les humains, car il y a certaines études qui attribuent à cet oiseau un pouvoir génétique et immunitaire leur permettant l'élimination de beaucoup de germes pathogènes. Certaines études ont déjà montré qu'on pouvait trouver des entérobactéries (*E.coli*) résistantes voir

multirésistantes chez d'autres oiseaux insectivores mais ceci a toujours été à des taux bien plus faible (Günther, 2009).

La bactérie qui pose vraiment une grande inquiétude qui est *Proteus mirabilis* (responsable des infections urinaires) acquérant de plus en plus de gènes de résistances avec l'âge des oisillons. Les souches issues des oisillons de plus de 10 jours sont plus résistantes que celles de 5 à 10 jours et ces dernières elles sont aussi plus résistantes que celles issus des oisillons de 5 jours. Elle résiste aux β -lactamines (Amoxicilline ; Ampicil/sulb ; Céfazoline et Céfoxitine) probablement par production faible de pénicillinase et céphalosporinases inductibles. Cependant la résistance aux aminosides (Kanamycine et streptomycine) implique plusieurs mécanismes comme, l'altération de la pénétration à travers les porines, le reflux par le transport actif ou encore la modification de leur cible (ARN16s).

Ceci étant toute la question est de savoir si c'est dans l'intestin de l'oisillon quelles acquièrent ces gènes de résistance? Difficile à dire car il nous faudrait un nombre important (représentatif) de *Proteus mirabilis* issus des oisillons de chaque classe d'âge pour faire les comparaisons, encore faut-il que cela ne soit pas plutôt lié à l'alimentation. Aucune étude n'a pu soutenir cette observation chez l'Hirondelle rustique ou chez un autre oiseau insectivore, même si Martel en 1996 affirmait : Les entérobactéries ont une capacité évidente d'acquérir et d'échanger des gènes porteurs de facteurs de résistance et la flore intestinale fournit une extraordinaire opportunité pour la circulation des informations génétiques entre bactéries (Martel, 1996 ; Fofana, 2004).

La nature plasmidique de la résistance a été observée pour la plupart des antibiotiques majeurs ou à large spectre. La propagation des plasmides, très étudiée dans la flore humaine ou animale, est bien moins connue dans l'environnement. A cet égard, l'eau ; milieu universel, peut jouer un rôle éminemment favorable ou défavorable. La plupart des études mettent en évidence une accumulation des bactéries résistantes dans le milieu aquatique. Ainsi, le taux des entérobactéries résistantes, qui se situe au environ de 0,1% dans les matières fécales humaines en l'absence de traitement antibiotique, serait de 10% dans les eaux usées, de 50% dans les eaux de surface et plus de 80% dans les eaux d'alimentation. Ces taux pourraient traduire l'existence d'une forte pression sélective dans l'environnement aquatique. Diverses hypothèses sont avancées pour l'expliquer :

-Avantage sélectif des bactéries résistantes car elles sont multirésistantes aux antibiotiques et aux métaux lourds.

- Possibilité de transfert de caractères de résistance d'une souche à une autre.
- Présence dans le milieu des entérobactéries autochtones résistantes aux antibiotiques.

La résistance aux antibiotiques s'accompagne souvent d'une résistance aux métaux lourds, ce qui pourrait expliquer leur prédominance dans les rejets industriels (toxiques).

Conclusion et perspectives

Conclusion

Le but de cette étude a été de chercher certaines bactéries pathogènes dans des échantillons issus principalement des fientes de l'Hirondelle rustique et d'estimer leur résistance vis-à-vis les antibiotiques.

Tout d'abord, un échantillonnage de 69 fientes ont été obtenus dans trois catégories d'âge des oisillons, de 5, 10 et 15 jours. Les bactéries qui ont été désirablement recherchées sont *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Yersinia* et enfin *Vibrio*. Par la suite, un antibiogramme de 16 antibiotiques sera envisagé. L'analyse de 9 œufs non éclos fait partie de cette recherche.

Dans un premier temps, les résultats obtenus nous montrent la présence de trois genres bactériens ; *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Salmonella*. La première bactérie apparaît dans les trois tranches d'âge, tandis que l'apparition *Pseudomonas* a lieu à partir de l'âge de 10 jours touchant aussi la catégorie de 15 jours. En ce qui concerne *Salmonella*, son apparition n'est pas liée à l'âge des individus. On peut dire que l'apparition et/ou la disparition des souches examinées sont occasionnelles, mais elles diminuent avec l'âge de 15 jours.

En deuxième temps, les recherches révèlent la présence de bactéries (pathogènes) appartenant à différentes familles. La diversité de ces germes prend origine des facteurs qui sont à la fois externes (environnement) et internes (les individus).

Si on revient aux analyses des œufs qui mettent devant nous qu'ils renferment de bactéries pathogènes qui peuvent être incriminées comme étant responsables de l'échec de l'éclosion, cependant, en raison de la qualité des œufs pondus qui se dit mauvaise (manque de nutriment et facteurs d'immunité) et qu'elle est influencée par des effets maternels précoces. Ces deux points là, coopèrent ensemble pour causer un échec d'éclosion.

Les résultats de l'antibiogramme ce sont avéré inquiétants, car un pourcentage d'environ 60% des bactéries étudiées sont devenues résistantes dont la moitié est résistante au moins à un antibiotique. On note que l'antibiogramme de *Pseudomonas* et *Salmonella* met en évidence que qu'il y a eu une résistance acquise très attirante surtout celle de la *Salmonella* par rapport à celle du bacille pyocyanique. *Proteus mirabilis* est la gagnante du premier rang. Cette bactérie responsable des infections urinaires, semble plus susceptible d'acquérir simultanément plusieurs facteurs de résistance.

En général, la principale raison de cette résistance est due à l'utilisation massive des antibiotiques dans les fermes dans l'alimentation des bétails ou l'automédication, favorisant l'apparition des souches multirésistantes et le transfert plasmidique entre elles, dont des études focalisent la lumière sur les entérobactéries étant parmi les précurseurs de cette dissémination dans l'environnement.

Hirundo rustica un oiseau insectivore qui fréquente les granges, les fermes, les milieux aquatiques, les habitats des humains...etc en bref, il tisse un lien crucial avec les composantes de l'environnement et il reflète les événements qui s'y passent à travers ce qu'on veut étudier chez lui. Les oiseaux, dans la réflexion traditionnelle de l'Homme sont des porteurs des germes pathogènes, et par la suite leur élimination est justifiée comme le cas de plusieurs fermes en Europe que les règlements sanitaires leur légitiment l'extermination des oiseaux comme l'Hirondelle rustique comme prétexte afin d'éviter la contamination de lait ou de tout autres produits par les contaminants fameux entre autre *Salmonella*.

Le faite de mener cette étude est de visualiser une réalité et de pouvoir répondre à la question qui chiffonne les esprits même ceux les chercheurs, si les oiseaux sont des ravageurs silencieux ? Car récemment, toute étude faite dans l'objectif est d'isoler aveuglement des germes pathogènes sans s'intéresser à comprendre effectivement la sphère et les mécanismes par les quels les microbes atteignent leurs hôtes et comment leur évolution aura lieu à long terme.

En réalisant ce modeste travail, on a constaté que oui les oisillons hébergent une flore intestinale qui est leur propre, mais aussi des bactéries pathogènes, que leur apparition chez ces individus n'implique guère leur présence chez les adultes. Donc rien ne prouve jusqu'ici que cet oiseau soit responsable de maladies humaines.

Perspectives

A la lumière de ce qui a été dit, nous pouvons dire que l'étude de la microflore chez l'Hirondelle rustique ainsi que chez les autres oiseaux pose comme des thèmes vachement intéressants. D'où la nécessité de poursuivre dans le même cheminement afin de pouvoir identifier des *Bacillus*, *Vibrio* et *Yersinia* leur recherche était négative où l'augmentation du nombre d'échantillonnage est incontournable. De plus, faire un suivi en étudiant la flore des

oisillons jusqu'à leur devenir en adultes pour voir si les germes pathogènes trouvés à un âge bas pourront être éliminés avec la croissance des individus. Récemment, les études partout dans le monde portées sur *Hirundo rustica* lancent un signal d'alarme que cette espèce est en déclin, à cause de plusieurs facteurs citant les techniques d'élevage dans les fermes les pesticides qui ciblent leurs ressources trophiques, mais personne à poser la question s'il est possible que l'Hirondelle via les insectes, va contracter des germes pathogènes qui peuvent affecter négativement sa fitness et ainsi son rôle écologique, car l'Homme est le premier responsable de l'augmentation de la résistance des souches dans l'environnement.

Comme on n'a pas assez de preuves claires pour reprocher les oiseaux, une analyse des fientes sèches semble une bonne piste pour pouvoir suivre le comportement des germes dans l'environnement en essayant de prouver ou non que les infections actuelles chez la population humaine sont en relation avec les déjections des oiseaux.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Al-Rawy M., George PV.(1966).- Preliminary report on the breeding biology of the Common Swallow *Hirundo rustica rustica* Linnaeus in Baghdad. *Bull. Bio. Res. Center. 2*: 57-61.

Andrews J. (1984).- Les oiseaux de nos régions. Bordas. p. 78.

Ambrosini R. (2000).- Effecti della dismissione delle pratiche tradizionali di allevamento bovino sulle popolazioni di rondine (*Hirundo rustica*). *Parco Regionale Adda Sud*. p. 1-314.

Avril J-L, Dabernat H, Denis F, Monteil H.(1992), « Bactériologie clinique », 2^e édition, Ellipses,32, rue Barga, 75015-Paris, 135-36-37-74, 200.

B

Bandel JP., Trilar T., Blagus R., Ocepek M., Rousseau J., Weese JS., Modest S.,Vengust.(2014). - Prevalence and molecular characterizaion of *Clostridium difficile* isolated from European Barn Swallows (*Hirundo rustica*) during migration. *BMC Veterinary Research*, 10.1186/1746-6148-10-40.

Banks JC., Cary SC., Hogg ID. (2009). - The phylogeography of Adelie penguin faecal flora. *Environ Microbiol*, 11:577–588.

Bent AC. (1942).- Life histories of North American flycatchers, larks, swallows, and theirallies. *U.S. Natl. Mus. Bull.* 179.

Biskri L., Mazel D. (2003). - Erythromycin esterase gene *ere(A)* is located in a functional gene cassette in an unusual class 2 integron. *Antimicrob. Agents Chemother.* 47: 3326-3331.

Blanco G., Lemus JA., Grande J. (2006). - Faecal bacteria associated with different diets of wintering red kites: influence of livestock carcass dumps in microflora alteration and pathogen acquisition. *J Appl Ecol*, 43:990–998.

Blondel J. (1962). - Migration pré-nuptiale dans les monts des Ksours (Sahara Septentrional). *Alauda*, 30. p.p. 1-29.

Bradford PA. (2001). - Extended-spectrum β -lactamases in the 21st century: characterization, epidemiology, and detection of this important resistance threat. *ClinMicrobiol Rev* 2001; 14:933–51.

Bonnet R., Caron F., CavalloJD., Chardon H., Chidiac C., Courvalin P., Drugeon H., DubreuilL., JarlierV., Jehl F., LambertT., Leclercq R., Nicolas Chanoine M H., PlesiatP., Ploy MC., Quentin C., SoussyCJ., VaronE., Weber P. « Comité d'Antibiogramme de la Société Française de la Microbiologie », édition de Janvier 2012.

Brown CR., Brown MB. (1999). - Barn Swallow (*Hirundo rustica*), The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.). *Ithaca: Cornell Lab of Ornithology*.

Butaye P., Cloeckeaert A., Schwarz S. (2003). - Mobile genes coding for efflux mediated antimicrobial resistance in Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Int. J. Ant-imeicrob. Agents.* 22: 205-210.

C

ChouderN. (2006). - Contribution à l'étude des flores des poulets conventionnels sains. Thèse de Magister, Université de Mentouri, Constantine.

Clare McW, BenskinH., Wilson K., Jones K., Hartley IR.(2009). - Bacterial pathogens in wild birds: a review of the frequency and effects of infection. *Biol. Rev.* (2009). 84, pp. 349-373.

CrampS (Ed.). (1988).- Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Volume 5, Tyrant Flycatchers to Thrushes. *OxfordUniversity Press, Oxford*.

Crenn LM. (2004). - La pseudotuberculosea *Yersinia pseudotuberculosis*en parcs zoologiques. Thèse de Doctorat, La faculté de médecine de Créteil.

D

Debieche TH. (2002).- Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la Basse Plaine de la Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Constantine.

Decoster A, *Vibrionaceae et germes voisins, FLM, p.1-5.*

Delmée M, (2003-2004), « *Microbiologie médicale* », cours de Faculté de Médecine, Université Catholique de Louvain.

Djabri L. (1996).-Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse "*Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines*". Thèse de Doctorat, Université d'Annaba.

Dulphy JP. (1986).- Etude d'une population d'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica*) de 1977 à 1985 : structure et comportement d'une population adulte. *Le Grand-duc* 28: 3-50.

Ducluzeau R., Raibaud P. (1989). - Les interactions bactériennes dans le tube digestif. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 1989, 8(2), 291-311.

E

Engberg RM., Hedemann MS., Steinfeldt S., and Jensen BB. 2004. Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. *Poult. Sci.* 83: 925-938.

F

Fofana A. (2004).- Etude de résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* et d'*Escherichia coli* isolées de la viande de poulet de chair au Sénégal. Thèse de Master, Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

G

Germain L.(1965). - Observations ornithologiques en Algérie Occidentale. *Oiseau.R.F.O.* 35, 46-48; 117-134.

Glunder G, (2002). - Influence of diet on the occurrence of some bacteria in the intestinal flora of wild and pet birds. *Deut. Tierarztl. Woch.* 109: 266-270.

Guengerich FP. (2001). - Common and uncommon cytochrome P450 reactions related to metabolism and chemical toxicity. *Chem. Res. Toxicol.* 14: 611-650.

Guinoiseau E. (2010).- Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles: séparation, identification et mode d'action. Thèse de Doctorat, Université de Corse.

Guenther S., Grobbel M., Lubke-Becker A. (2010). - Antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* from common European wild bird species. *Vet Microbiol*; 144:219-25.

H

Haddad N., Toma Bet al. (2008).- Les zoonoses infectieuses, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises, *Mérial-Lyon*, 182 p.

Haddad S., Hanane S., Houhamdi M, (2015).-La reproduction de l'Hirondelle rustique(*Hirundo rustica*) dans un milieu urbain nord-africain: quel impact des conditions climatiques et de l'application des insecticides ?

Haemig P D., Hernandez J., Waldenström J., Bonnedahl J., Olsen B. (2008). - Barn Swallows (*Hirundo rustica*) Test Negative for *Salmonella*. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 8(4):451-3.

Heagy AD., Badzinski D., Bradley M., Falconer J., McCracken R A., Reid et Richardson K.(2014).- Recovery Strategy for the Barn Swallow (*Hirundo rustica*) in Ontario. Ontario Recovery Strategy Series. Prepared for the Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Peterborough, Ontario. vii + 64 pp.

Helander I M., Kilpelainen I., Vaara M. (1994). - Increased substitution of phosphate groups in lipopolysaccharides and lipid A of the polymyxin resistant pmrA mutants of *Salmonella typhimurium*: a ³¹P-NMR study. *Mol. Microbiol.* 11: 481-487.

J

Journal officiel de la république algérienne, n°35, 20 Rajab 1433 10 juin 2012, 7-8 p.

Jehl F., Chomar M., Weber M., Gérard A. (2003). – De l'antibiogramme à la prescription, Biomérieux, Nancy l'étoile, 2003, 2^{ème} édition, 8-31.

K

Klomp JE., Murphy MT., Smith SB., McKay JE., Ferrera I., Reysenbach AL. (2008).- Cloacal microbial communities of female spotted towhees *Pipilo maculatus*: microgeographic variation and individual sources of variability. *J Avian Biol.* 39:530–538.

Kohl KD. (2012).- Diversity and function of the avian gut microbiota. *J Comp Physiol B-Biochem Syst Environ Physiol.* 182:591–602.

Kumar A., Schweizer HP. (2005). - Bacterial resistance to antibiotics: active efflux and reduced uptake. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 57: 1486-1513.

Kyle PD., Kyle GZ. (1993). - An evaluation of the role of microbial flora in the saliva transfer technique for hand-rearing chimney swifts. In: Beaver P, ed. *Wildlife rehabilitation*, Vol. 8. Florida, CA: Coconut Creek, 65–71.

L

Laferrère M. (1968) : Observation ornithologiques au Tassili des Ajjer. *Alauda* 36: 260-273.

Lambert PA. (2005). - Bacterial resistance to antibiotics: modified target sites. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 57: 1471-1485.

Levy SB., McMurray L. (1978). - Plasmid-determined tetracycline resistance involves new transport systems for tetracycline. *Nature.* 276: 90-92.

Levy SB., Marshall B. (2004). - Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. *Nat. Med.* 10: 122-129.

Lombardo MP. (1998).- On the evolution of sexually transmitted diseases in birds. *J Avian Biol.* 29:314–321.

Lombardo MP., Thorpe PA., Power HW. (1999). - The beneficial sexually transmitted microbe hypothesis of avian copulation. *Behav Ecol.* 10:333–337.

Ligue pour Protection des Oiseaux (L.P.O.), (2002). - Les hirondelles sont en déclin. *Natura Science.*

Lucas FS., Heeb P. (2005). - Environmental factors shape cloacal bacteria assemblages in great tits *Parus major* and blue tits *Parus caeruleus* nestlings. *Journal of Avian Biology* 36: 510–516.

M

Markham PN., Neyfakh AA. (2001).- Efflux-mediated drug resistance in Gram-positive bacteria. *Curr. Opin. Microbiol.* 4: 509-514.

Martel JL. (1996).-Epidémiosurveillance de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes chez l'animal, *Epidémiol. Santé Anim.* (29) :107-120.

Mesaros N., Nordmann P., Plésiat P., Roussel-DelvallezM., Van eldere J., Glupczynski Y., Van Laethem Y., Jacobs F., Lebecque P., Malfroot A., TulkensPM., Van Bambeke F. (2007). - *Pseudomonas aeruginosa* : résistance et options thérapeutiques à l'aube du deuxième millénaire. « *Clinical Microbiology and Infection* ». - 126-8: 305-316.

Masterton R., Drusano G., Paterson DL., Park G. (2003). - Appropriate antimicrobial treatment in nosocomial infections-the clinical challenges. *J. Hosp.Infect.*11: 1-12.

Meyer A., Deiana J., Bernard A. (2004).« *Cours de microbiologie générale* », 2^e édition, Biosciences et techniques, 1 avenue Edouard-Belin, 217-18-19-58-62.

Moller AP. (1994).-*Sexual Selection and the Barn Swallow*. Université d'Oxford Press, Oxford.

Moreno Y., Botella S., Alonso JL., Ferrus MA., Hernandez M., Hernandez J. (2003). – Specific detection of *Arcobacter* and *Campylobacter* strains in water and sewage by PCR and fluorescent in situ hybridization. *Applied and Environmental Microbiology* **69**: 1181–1186.

N

Ndiaye A O K. (2005).- Les entérobactéries sécrétrices de β -lactamases à spectre élargi. Thèse de Doctorat, Université de Cheikh Anta Diop, Dakar.

Newman DJ., Cragg GM., Snader KM.(2003). - Natural products as sources of new drug over the period 1981-2002. *J. Nat. Prod.* 66: 1022-1037.

Nikaido H, Rosenberg EY. (1981). - Effect on solute size on diffusion rates through the transmembrane pores of the outer membrane of *Escherichia coli*. *J. Gen. Physiol.*77: 121-135.

Nikaido H. (2003). - Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 67: 593-656.

Normak HB., Normak S. (2002). - Evolution and spread of antibiotic resistance. *J. Intern.Med.*252: 91-106.

Nutall P A. (1997). Viruses, bacteria and fungi of birds.In: Clayton D H. and Moore J.(eds). Host-parasite evolution.General principles and avian models. Oxford University Press,Oxford.

P

Perrins C., Cuisin M. (1987).- Les oiseaux d'Europe. Delachaux et Niestlé eds, Neuchâtel.
320p.

Poole K. (2004). - Efflux-mediated multiresistance in Gram-negative bacteria. *Clin. Microbiol. Infect.* **10**: 12-26.

Potti J., Moreno J., Yorio P., BrionesV., Garcia-Borboroglu P.,Villar S., Ballesteros C. (2002). - Bacteria divert resources from growth for magellanic penguin chicks. *Ecol. Lett.* **5**: 709714.

Prescott LM., HarleyJP., KleinDA. (1995), « *Microbiologie* », 2^e édition française, De Boeck, France, 806-07-18.

Pyle P. (1997). - Identification Guide to North American Birds, Part1 : Columbidae to Ploceidae. Slate Creek Press, Bolinas (California).

R

Raphenon G. (1996). - Mécanisme de résistance des bactéries aux antibiotiques.*ForumMédical.* **9** :6-11.

Rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, 1959.

Ruiz-de-Castaneda R., Vela AI., Lobato E., Briones V., Moreno J. (2011). - Prevalence of potentially pathogenic culturable bacteria on eggshells and in cloacae of female Pied Flycatchers in a temperate habitat in central Spain. *J Field Ornithol.* 82:215–224.

S

Saino N., Dall'ara P., Martinelli R., Moller AP. (2002). - Early maternal effects and antibacterial immune factors in the eggs, nestlings and adults of the barn swallow. *J. Evol. Biol.* 15: 735–743.

Saino N., Romano M., Ambrosini R., Ferrari RP., Møller AP. (2004).- Timing of reproduction and egg quality covary with temperature in the insectivorous barn swallow, *Hirundo rustica*. *Funct. Ecol.* 18: 50–57

Sakraoui R., Dadci W., Chabi Y., Banbura J. (2005). - Breeding biology of barn swallows *Hirundo rustica* in Algeria, North Africa. *Ornis Fennica*, 82: 33-43.

Sakraoui R. (2012). - Impact du régime alimentaire et du parasitisme sur la reproduction des populations de l'Hirondelle de cheminé (*Hirundo rustica rustica*) dans le Nord est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Badji Mokhtar, Annaba.

Schmitt B. (1963). Notes d'Alger. *Alauda*, 31. p.p. 218-221.

SIMONET M et M CATTEAU. (2005). *Yersinia enterocolitica*. Bactériologie alimentaire : Compendium d'hygiène des aliments. Economica eds, Paris, France.

Singh SB., Barrett JF. (2006).- Empirical antibacterial drug discovery - foundation in natural products. *Biochem. Pharmacol.* 71: 1006-1015.

Sheldon BC. (1993).-Sexually transmitted disease in birds: occurrence and evolutionary significance. *Philos Trans Biol Sci*, 339:491–497.

Soler JJ., Peralta-Sánchez JM., Martínez-Bueno M., Martín-Vivaldi M., Martín-Gálvez D., Vela AI., Briones V., Pérez-Contreras T. (2011). - Brood parasitism is associated with increased bacterial contamination of host eggs: bacterial loads of host and parasitic eggs. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2011,103, 836–848.

Sougakoff W., Trystram D. (2003). - Résistances aux β -lactamines. Polycopié Université de Paris VI, Faculté de médecine Pierre et Marie-CURIE.

T

Turner A.(2004). - Family Hirundinidae (swallows and martins) In: Del Hoyo J, Elliott A, Christie D, editors. The birds of the World. vol. 9. Lynx Edicions; Barcelona, Spain: pp. 602–685.

U

URBACO. (2012). - Plan d'aménagement du territoire de la Wilaya de Guelma, direction de programmation et de suivi budgétaire de la Wilaya de Guelma, 187p.

Usui M., Iwasa T., Fukuda A., Sato T., Okubo T., Tamura Y. (2013). - The Role of Flies in Spreading the Extended-Spectrum β -lactamase Gene from Cattle. *Microb Drug Resist* 2013, 19(5):415-20.

V

Van Dongen WFD., White J., Brandl HB., Moodley Y., Merklings T., Leclaire S., Blanchard P., Danchin E., Hatch S A., Wagner RH. (2013). -Age-related differences in the cloacal microbiota of a wild birds species. *BMC Ecology*.

Vietinghoff-Riesch A. (1955). - *Die Rauchschnalbe*. Duncker & Humblot, Berlin :Duncker & Humboldt.

W

White J., Mirlea UP., Danchin E., Mulard H., Hatch SA., Heeb P., Wagner RH. (2010). - Sexually transmitted bacteria affect female cloacal assemblages in a wild bird. *Ecol Lett*, 13:1515.

Wright GD. (2005). - Bacterial resistance to antibiotics: enzymatic degradation and modification. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 57: 1451-1470.

Site internet

- (1) <http://bioeluard.lyceepauleluard.fr/index.php/ressources/identification-microbienne>

Résumé

L'Hirondelle rustique, un oiseau qui par sa nature fréquente les milieux urbains où résident les humains. La recherche de certaines bactéries pathogènes : *Bacillus*, *Salmonella*, *Yersinia*, *Pseudomonas* et *Vibrio* dans des échantillons issus principalement des fientes des oisillons de cette espèce en fonction de trois tranches d'âge (5-10-15 jours) réalisant également un antibiogramme. Les résultats montrent *Bacillus* et *Pseudomonas* sont en liaison avec l'âge mais la *Salmonella* est une souche accidentelle. L'antibiogramme réalisé sur 44 bactéries parmi lesquelles *Pseudomonas* et *Salmonella* dévoilent clairement qu'il y a eu une résistance acquise inquiétante due à l'abus des antibiotiques par l'Homme et surtout le transfert plasmidique qui favorise aussi l'évènement.

Mots clés : Hirondelle rustique, bactéries pathogènes, fientes, trois catégories d'âge, multirésistance.

Abstract

The Barn Swallow, a bird by nature common urban environments where humans reside. The search for certain pathogenic bacteria: *Bacillus*, *Salmonella*, *Yersinia*, *Pseudomonas* and *Vibrio* in samples mainly from the droppings of chicks of this species according to three age groups (5-10-15 days) also realizing a susceptibility testing. The results show *Bacillus* and *Pseudomonas* are connected with age but the *Salmonella* strain is accidental. The susceptibility testing of 44 bacteria including *Pseudomonas* and *Salmonella* clearly reveal that there has been a worrying acquired resistance due to overuse of antibiotics by humans and especially the transfer plasmid which also promotes the event.

Key words : Barn swallow, pathogenic bacteria, dropps, three categories of age, multiresistance.

ملخص

السنونو، طائر بطبيعته يرتاد البيئات الحضرية حيث يقيم البشر. البحث عن أنواع معينة من البكتيريا المسببة للأمراض: عصيات، السالمونيلا، يرسينيا، بسودوموناس وفيبريو في عينات أساسا من روث الفراخ وفقا لثلاث فئات عمرية (5-10-15 أيام) وكذلك أداء أيضا اختبار الحساسية. أظهرت النتائج أن العصوية و الزائفة ترتبطان مع التقدم في السن ولكن سلالة السالمونيلا هو عرضي. اختبار حساسية 44 بكتيريا بما في ذلك الزائفة و السالمونيلا تكشف بوضوح أن هناك مقاومة مكتسبة مثيرة للقلق بسبب

الإفراط في استخدام المضادات الحيوية من قبل البشر وخصوصا نقل البلازميد مما يعزز أيضا هذا الحدث.

الكلمات المفتاحية : السنونو, البكتيريا المسببة للأمراض, روث, ثلاث فئات عمرية, مقاومة المكتسبة