

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 8 MAI 1945-GUELMA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Laboratoire de Biologie, Eau et Environnement

Département d'Écologie et Génie de l'Environnement



THÈSE :

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat 3^{ème} cycle en Sciences Biologiques

Option : Santé, Eau et Environnement

Analyse écologique de l'hirondelle rustique *Hirundo rustica* dans le Nord-est de l'Algérie

Présentée par :

HADDAD Soumia

Devant le jury

Président:	SOUIKI. L	M.C.A	Université de Guelma
Directeur de thèse:	HOUHAMDI. M	Prof	Université de Guelma
Examinatrice:	AOUN. L	Prof	Université d'El-Tarf
Examineur:	MAAZI. M.C	M.C.A	Université de Souk-Ahras
Examineur:	BENSACI. E.T	M.C.A	Université de M'sila
Examineur:	OULDJAOUI. A	M.C.A	Université d'Oum El-Bouaghi

Année Universitaire 2014/2015

Remerciement

À l'issue de la rédaction de cette recherche, je suis convaincue que la thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail doctoral sans le soutien d'un grand nombre de personnes dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifestés à l'égard de ma recherche m'ont permis de progresser dans cette phase délicate de « l'apprenti chercheur ».

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de thèse, monsieur HOUHAMDI Moussa, pour la confiance totale qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral, pour ses conseils et pour toutes les heures qu'il a consacré malgré ses occupations à diriger cette recherche. J'aimerais également lui dire à quel point j'ai apprécié leur grand encouragement et ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de ce travail doctoral.

Je remercie tout particulièrement les professeurs et maîtres de conférences qui ont accepté de faire partie du jury de soutenance: Docteur. SOUIKI Linda, maître de conférences (A) à l'Université de Guelma qui a bien voulu présider le jury, mes vifs remerciements vont aux : Pr. AOUNE. Leila professeur à l'Université d'El-tarf, Docteur MAAZI Mohamed-Chérif maître de conférences (A) à l'Université de Souk-Ahras, Docteur OULDJAOUI Abdellah maître de conférences (A) à l'Université d'Oum El-Bouaghi et le docteur BENSACI Ettayib maître de conférences (A) à l'Université de M'sila de m'avoir fait l'honneur de juger ce travail.

Je tiens à remercier Mr ROUIBI Abdel Hakim d'être toujours disponible pour nous

Je souhaiterais exprimer ma gratitude à monsieur Saad HANANE (Docteur à l'institut scientifique de rabat – Maroc-) pour son accueil chaleureux à chaque fois que j'ai sollicité son aide qui était très précieuse , ainsi que pour ses multiples conseils scientifiques, encouragements

et soutien moral , mon article de soutenance est enfin réalisé grâce a lui et plusieurs autre parties dans le corps de la thèse , ainsi que pour ses généreux secours au cours de certains de mes moments difficiles ont été d'une très grande qualité, et d'un immense réconfort.

Je tiens également à remercier Dr. Patrick Triplet (Syndicat Mixte Baie de Somme, Abbeville, France) d'avoir accepté volontiers de relire cette thèse et d'apporter les corrections nécessaires. Qu'il soit vivement remercier.

Ces remerciements seraient incomplets si je n'en adressais pas aux collègues qui m'ont aidé à réaliser les différentes tâches de travail depuis le terrain, le laboratoire jusqu'à l'impression de cette thèse : ABBAS Leila, BOUKREDDINE Mehdi, ATAILIA SARA, NJAPA NJIK Benni, ZEBBA Rabah, KAFI Fadhila, ROUAIGUIA Meriem, BRAHMIA Hafid, ZERAOULA Ali, GUERGUEB El Yamine, Asma et Houria ainsi que pour tous les collègues de LBEE

Mes vifs remerciements pour tous les personnels de laboratoire de la direction de santé spécialement à Monsieur KEBIECHE Hassane, Monsieur DJIRADI Abderahmen *Mme DJIRADI, ATHAMNIA M, BAHALIL M, HAMLAOUI B, SOFIA, DJAHIDA, RAJAE* et le personnel de la station de traitement des eaux potables(Guelma) pour leurs aides

Des remerciements spéciaux pour mes trois frères qui m'ont aidé pas à pas sur terrain les trois « B » Aymen, Abdel-Moumen et Ayoub.

Dédicace

C'est avec profonde gratitude et sincères mots que je dédie ce travail à mes chers parents ; qui ont sacrifié leur vie pour notre réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qui ils ont fait pour moi, que Dieu leur prête tout le bonheur.

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius

2^e.P : 2^e eme ponte

ADH : Arginine dihydrolase

AIC : Akaike Information Criterion

AK: Amikacine

AMX: Amoxicilline

API: Analytical profile index

ASR : Anaérobies sulfito-réductrice

BEA : Bile esculine azide

C : Chloramphénicol

CGP : Cocci a Gram positif

CL : Colistine

CX : Céfoxitine

CZ : Céfazoline

DI : Durée d'incubation

E : Erythromycine

FO : Fosfomycine

GEN : Gentamicine

GNA : Gélose nutritive a l'amidon

GP : Grandeur de ponte

H₂S : Sulfure d'hydrogène

IND : Indole

JE : Jeune a l'envole

K : Kanamycine

LDC : Lysine décarboxylase

LPO: Ligue pour Protection des Oiseaux

MH : Mueller Hinton

ml : Millilitre

NE : Non entérobactérie

ODC : Ornithine décarboxylase

OE : Œufs éclos

OIE : Organisation internationale de

l'épizootie

OMS : Organisation mondiale de santé

ONM : Organisation National

Météorologique

Pr.P : 1 er pont

SAB : Sabouraud

TSA : Trypticase soy agar

UFC : Unité formante de colonie

VF : viande foie

Sommaire

Introduction :	01
Chapitre I : L’histoire de vie et La biologie de l’<i>Hirondelle rustique Hirundo rustica</i> (Linnaeus, 1758)	06
1. La morphologie de l’espèce :	06
2. Habitats et migration ;	07
3. Cycle de reproduction :	08
3.1. L’arrivé :	08
3.2. La construction du nid :	09
3.3. Reproduction :	09
4 Régime alimentaire :	11
Chapitre II Description de site	12
1. Situation géographique :	12
2. Relief :	13
3. L’agriculture et l’agronomie :	13
4. hydrogéologie :	14
5. climatologie :	15

5.1.	La température :	15
5.2.	La précipitation :	16
5.3.	Synthèse climatique	17
5.3.1.	Diagramme ombrothermique:	17
5.3.2.	Climagramme d'Emberger	18
6.	cadre biotique :	19
6.1.	La faune :	19
6.2.	La flore :	20
7.	La population urbaine :	20
Chapitre III	Matériel et méthodes	21
1.	Biologie de la reproduction des Hirondelles rustiques :	21
1.1.	Station d'étude :	21
1.2.	Méthode d'échantillonnage :	23
1.2.1.	Caractéristiques et emplacement des nids :	23
1.2.2.	Les paramètres démographiques :	23
1.2.3.	Les mensurations des œufs :	24
1.2.4.	Indices appliqués à la biométrie des œufs :	25

1.3.	Analyse statistique :	25
2.	Facteurs affectant la reproduction : condition climatiques journalière et application des insecticides.	26
2.1.	Conditions climatiques journalières :	26
2.1.1.	Méthode d'échantillonnage :	26
2.1.2.	Traitement statique :	27
2.2.	L'application des insecticides :	28
2.2.1.	Méthode d'échantillonnage :	28
2.2.2.	Traitement statistique :	28
3.	Microbiologie intestinal :	29
3.1.	L'objectif général :	29
3.2.	Exploration de la flore cloacale :	30
3.2.1.	Méthode d'échantillonnage	30
3.2.2	Traitement statistiques des données :	32
3.3.	Microbiologie des fientes :	32
3.3.1	L'échantillonnage :	32
3.3.2	Etude au laboratoire	33

3.3.3.	Méthodes de culture et d'isolement :	33
3.4	Antibiogramme	39
3.4.1	Principe	40
Chapitre IV	Résultats et discussion	44
1.	Biologie de la reproduction des Hirondelles rustiques	44
1.1.	Caractéristique de l'emplacement des nids :	44
1.2.	La chronologie d'occupation des nids et date de ponte:	46
1.2.1.	Date d'arrivé et chronologie d'occupation :	46
1.2.2.	Date de ponte :	47
1.3.	Grandeur de ponte	51
1.4.	Durée de l'incubation	53
1.5.	Œufs éclos :	55
1.6.	Succès à l'éclosion	60
1.7.	Jeunes à l'envol	60
1.8.	Succès à l'envol :	64
1.9.	La biométrie des œufs :	65
1.10.	Discussion :	69

2.	Facteurs affectant la reproduction : condition climatiques journalière et application des insecticides.	75
2.1	Conditions climatiques :	75
2.2	Traitement aux insecticides	81
2.3	Discussion	83
3.	Microbiologie	86
3.1	Microbiologie cloacale:	86
3.2	La microbiologie des fientes :	90
3.3	Résultats de l'Antibiogramme	102
3.4	Discussion	105
	Conclusion	112
	Références bibliographiques	115

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	<i>Hirondelle rustique</i> adulte (femelle) (2014)	07
02	Nid de l' <i>Hirondelle rustique</i> dans le site d'étude (2014)	09
03	Œufs pondus de l' <i>Hirondelle rustique</i> dans le site d'étude (2014)	10
04	Carte géographique de la wilaya de Guelma	12
05	Réseau hydrologique de la wilaya de Guelma	14
06	Diagramme pluviothermique de la ville de Guelma (1990 - 2013).	18
07	Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1990-2013).	19
08	Station d'étude Guelma-Algérie	21
09	Localisation géographique du complexe résidentiel "le course" de Guelma (Algérie),	22
10	La cité course « Guelma 2015 »	22
11	L'immeuble de nidification (2015)	22
12	L'emplacement de nid (2012)	23
13	La sortie des adultes (2012)	23
14	L'aspect de colonies de <i>Bacillus</i> sur GNA.	34
15	Test du lugol positif.	35
16	Aspect de colonies de <i>Yersinia</i> sur gélose Mac Conkey.	38
17	La fréquence d'occupation des nids selon la hauteur par rapport au sol	45

18	Chronologie d'occupation des nids durant la saison 2012 (1 ^{er} mars=1 jour)	46
19	Chronologie d'occupation des nids durant la saison 2013 (1 ^{er} mars=1 jour)	46
20	Variation de la date de ponte (Pr. P 2012)	47
21	Variation de la date de ponte (2e. P 2012)	48
22	Variation de date de ponte (Pr. P 2013)	49
23	Variation de date de ponte (2e.P 2013)	49
24	Variation des dates de ponte durant les deux saisons d'étude.	50
25	Variation des dates de ponte durant les saisons d'étude (première ponte).	50
26	Variation des dates de ponte durant les saisons d'étude (Seconde ponte)	50
27	Variation de la grandeur de ponte durant les deux pontes 2012.	51
28	Variation de la grandeur de ponte durant les deux pontes 2013.	52
29	Variation de la grandeur de ponte durant les deux saisons 2012 et 2013	52
30	Variation de la durée d'incubation durant les deux pontes 2012	53
31	Corrélation entre la durée de l'incubation et les date de ponte (seconde ponte 2012).	55
32	Variation de la durée d'incubation durant les deux pontes en 2013	54
33	Variation des valeurs des œufs éclos durant les deux pontes 2012	55
34	Corrélation entre le nombre d'œufs éclos et la date de ponte durant la seconde ponte 2012	56
35	Corrélation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos dans la première ponte 2012	56
36	Corrélation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos dans la seconde ponte 2012	57

37	Corrélation entre la durée de l'incubation et le nombre d'œufs éclos durant l'année 2012.	57
38	Variation des valeurs des œufs éclos durant les deux pontes 2013	58
39	Corrélation entre le nombre d'œufs éclos et les dates de ponte 2013	58
40	Corrélation entre le nombre d'œufs éclos et les dates de ponte 2013	59
41	Variation annuelle de nombre d'œufs éclos durant les deux saisons 2012 et 2013	59
42	Corrélation entre le nombre de jeunes envolés et la grandeur de ponte durant la première ponte 2012	60
43	Corrélation entre le nombre de jeunes envolés et le nombre d'œufs éclos pour la première ponte 2012	61
44	Corrélation entre le nombre de jeune envolés et le nombre d'œufs éclos pour la seconde ponte 2012	61
45	corrélation entre le nombre de jeunes envolés et la grandeur de ponte durant la première ponte 2013	62
46	Corrélation entre le nombre de jeunes envolés et la grandeur de ponte durant la seconde ponte 2013	63
47	Corrélation entre le nombre de jeune envolés et le nombre d'œufs éclos durant la première ponte 2013	63
48	Corrélation entre le nombre de jeune envolés et le nombre d'œufs éclos durant la seconde ponte 2013	64
49	Le poids des œufs de l' <i>Hirondelle rustique</i> de la première et de deuxième ponte à Guelma, en Algérie en 2012 et 2013.	66
50	Le volume des œufs de l' <i>Hirondelle rustique</i> de la première et de deuxième ponte à Guelma, en Algérie en 2012 et 2013	67

51	Effets de la date, l'ordre de ponte et l'année sur la reproduction des Hirondelles	80
52	Les colonies ont dénombré sur la membrane de nitrocellulose	86
53	L'absence des bactéries anaérobies sulfato-réducteurices « ASR »	87
54	L'installation des CGP dans le cloaque selon l'âge	89
55	L'installation des lactobacilles dans le cloaque selon l'âge	89
56	Test du lugol est positif (hydrolyse de l'amidon par l'enzyme α -amylase)	90
57	La présence de l'espèce <i>Bacillus anthracis</i> (groupe 1) est probable	91
58	La variation du nombre de <i>Bacillus</i> selon l'âge.	91
59	Colonies pigmentées en bleu-vert des <i>Pseudomonas</i> (pyocyanine)	92
60	Identification biochimique du <i>Pseudomonas aerogénosa</i>	93
61	La variation du nombre de <i>Pseudomonas aerogénosa</i> selon l'âge.	93
62	Colonies des <i>Salmonella</i> spp	94
63	l'identification biochimique de la <i>Salmonella</i> spp	94
64	La variation du nombre de <i>Salmonella</i> selon l'âge.	95
65	Profil biochimique de <i>Citrobacter braakii</i> .	97
66	Profil biochimique d' <i>Enterobacter aerogenes</i> .	97
67	Profil biochimique d' <i>Enterobacter cloacae</i> .	97
68	Profil biochimique d' <i>E.coli 1</i> .	98
69	Profil biochimique de <i>Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae</i> .	98

70	Profil biochimique de <i>Pasteurella pneumotropica</i> .	98
71	Profil biochimique de <i>Proteus mirabilis</i>	99
72	Profil biochimique de <i>Pantoea spp1</i> .	99
73	Profil biochimique de <i>Salmonelle holeraesuis ssp arizonae</i> .	99
74	Profil biochimique de <i>Shigella spp</i> .	100
75	Profil biochimique d' <i>Aeromonas hydrophila</i> .	100
76	Nombre des espèces identifiées à partir des échantillons des œufs non éclos.	101
77	Les pourcentages de sensibilité et/ou résistance	103
78	Pourcentage des bactéries manifestant une résistance acquise.	103

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Température moyenne mensuelle la région de Guelma (1990-2013).	16
02	Répartition des précipitations moyennes mensuelles.	17
03	Détermination de l'âge des poussins (McGinn et Clark ,1978).	30
04	Recherche des microorganismes dans le cloaque des oisillons des Hirondelles rustiques.	31
05	Les différents tests de l'API 20E	37
06	Les différents tests de l'API NE.	39
07	catégorisation selon les valeurs critiques d'antibiogramme	41
08	Les antibiotiques testés	42
09	Les nids suivis durant la saison de reproduction.	44
10	La biométrie des œufs.	65
11	Les indices de la biométrie des œufs.	68
12	La relation entre les différents paramètres climatiques durant les périodes phénologiques étudiées.	75
13	La variation des conditions climatiques ont fonction de l'année et l'ordre de ponte.	76
14	Analyse des régressions simples permettant de tester les relations entre les variables climatiques et les paramètres de reproduction de l' <i>Hirondelle rustique (Hirundo rustica)</i> dans le complexe résidentiel "le course" à Guelma, Algérie, 2012-2013.	77
15	Résultats de la sélection de modèles comparant les analyses de la covariance (ANCOVA) qui testent, pour chaque période phénologique, les relations entre les paramètres de reproduction de l' <i>Hirondelle rustique (Hirundo rustica)</i> et les variables étudiées.	78
16	L'indice de coquille avant et après l'utilisation des insecticides.	82

17	Principaux microorganismes isolés des cloaques des oisillons des Hirondelles rustiques <i>Hirundo rustica rustica</i> .	87
18	Le calcul des indices écologiques pour les trois groupes d'âge (5, 10, 15 jours).	88
19	Les espèces identifiées à partir des échantillons des œufs non éclos.	96

Introduction





Introduction :

L'étude des traits d'histoire de vie d'une espèce nous aide à comprendre l'adaptation écologique des individus, et la dynamique des populations, dans des habitats qui subissent des variations écologiques à court ou à long terme (Thompson 1992).

Trois hypothèses ont été proposées pour expliquer l'adaptation des espèces aux facteurs ultimes responsables à la variation de leurs succès reproducteur : (1) l'optimisation individuelle (Perrins et Moss 1975; Boyce et Perrins 1987; Pettifor *et al.*, 1988) (2) le compromis (trad off) entre l'énergie allouée à la survie, la croissance et la reproduction (Williams 1966 ; Maynard Smith 1978) (3) et la fluctuation d'une année à une autre (Nur 1987).

Le principe de l'hypothèse d'optimisation individuelle est que les individus ajustent leurs tailles de ponte selon leur capacité, de sorte que chaque femelle a sa propre couvée optimale en fonction de la variation d'habitat. Ceci est une idée attirante, car il existe plusieurs facteurs qui sont liés à la qualité des jeunes élevés chaque saison qui sont à la fois extrinsèques comme la qualité d'habitat et la disponibilité des ressources alimentaires (Hogstedt 1980, Bryant 1975 b; Hussell et Quinney 1987; Korpimaki 1990 a, 1990b) et les facteurs intrinsèques, tels que l'âge des parents, leur expérience et conditions physiques (Coulson et Thomas 1985; Outton-Brock 1988; Newton, 1989). La taille de ponte devrait donc correspondre à ce qui est mieux pour l'individu. (Thompson 1992).

L'hypothèse de compromis « trade –off » dépend des coûts énergétiques utilisés pour la survie et la reproduction (Thompson 1992). Deux questions cruciales concernant cette hypothèse ne sont pas résolues, toutefois : (1) est-ce que les individus « adultes » peuvent ils estimer les conséquences probables et avoir une bonne décision pour allouer les ressources en fonction de plusieurs pontes ? (2) si oui, comment font-ils cette estimation ?

La notion des coûts énergétiques suppose que la reproduction à l'une de ces étapes peut avoir des conséquences néfastes, immédiates ou ultérieures pour un individu. En conséquence un individu doit «décider» (Krebs et Davies 1991) l'allocation des ressources entre la fécondité actuelle et future. Car l'investissement énergétique est une indication précise des perspectives d'avenir et donc les coûts de reproduction conduisent à une relation inverse entre la fécondité



prévue actuelle et future dans la saison de reproduction. La sélection naturelle devrait favoriser à la fois une réduction de l'effort de reproduction, si cela accroît la durée de vie des adultes, il conduit par conséquent à une possibilité de déclin de futures générations. (Tompson 1992)

Contrairement aux deux premières hypothèses au cours d'une année donnée la taille des couvées peut-être meilleur et en fonction des pressions de sélection, elle varie d'une année à une autre. La variabilité annuelle présente une bonne approche pour observer le déclin des populations en fonction de plusieurs facteurs.

Donc le succès à la reproduction chez les organismes vivants varie dans l'espace et à travers le temps comme un résultat d'une combinaison de facteurs liés aux contraintes d'habitat qui agit sur les ressources trophiques qui peuvent être limitées par leur disponibilité, la difficulté à les acquérir au bon moment et cela est lié à l'état de l'environnement au cours de la migration ou pendant la saison de reproduction, et les facteurs liés aux individus comme l'optimisation des ressources et la difficulté à les digérer ou les assimiler.

Comme modèle l'*Hirondelle rustique* *Hirundo rustica* (Linnaeus, 1758) est un oiseau migrateur qui a une grande distribution dans l'aire de répartition en Eurasie, Amérique du Nord et l'Afrique du Nord (Møller, 1994). La taille de la population mondiale a été estimée à au moins 190.000.00 individus (Rich *et al.*, 2004). C'est un passereau insectivore. Le territoire et la zone occupée par le couple d'Hirondelles dépendent de caractéristiques de ses ressources habitat et de la structure sociale *et al.*, alimentaire (Sériot *et al.*, 2002).

Certaines recherches ont souligné un déclin des populations d'Hirondelles rustiques au cours des années et une baisse de la taille des couvées au cours de la saison de reproduction (Van den Brink *et al.*, 2000 ; Møller, 2001 ; Robinson *et al.*, 2003 ; Evans *et al.*, 2003). Si certains chercheurs ont attribué ce déclin à la réduction des populations d'insectes suite à l'utilisation abusive des pesticides particulièrement en milieux agricoles (Bright *et al.*, 2008 ; Møller *et al.*, 2011 ; Zwarts *et al.*, 2012 ; Møller, 2013), d'autres l'ont attribué à la dynamique, très changeante, des populations d'insectes le long du chemin migratoire des Hirondelles (Nebel *et al.*, 2010). Il a été également proposé que les conditions climatiques peuvent aussi agir mais indirectement en affectant l'abondance des insectes ainsi que la période de leur émergence (Huin *et al.*, 2010). Zwarts *et al.*, (2012) suggèrent que des événements météorologiques défavorables peuvent avoir



des incidences directes sur la survie des populations d'Hirondelles rustiques et sur leur succès de reproduction. Par ailleurs, l'homme contribue aussi à ce déclin en détruisant les nids (Le Marec et Lemoine, 2011), mais aussi en forçant le redéploiement des couples après une première installation.

En Europe les Hirondelles rustiques ont suscité l'intérêt de nombreux chercheurs. (Møller, 1994, 2004 ; Saino *et al.*, 2004 ; Ambrosini *et al.*, 2006, 2011 ; Turner, 2006 ; Ambrosini et Saino, 2010 ; Kopij et Polit, 2014). Elles ont été utilisées pour étudier les effets du parasitisme (Barclay, 1988; Møller, 2000), la sélection sexuelle (Kose *et al.*, 1999; . Perrier *et al.*, 2002), et de biologie de la reproduction (Thompson, 1961; Ramstack *et al.*, 1998), en Amérique (Safran, 2004, 2006 ; García-Pérez *et al.*, 2014 ; Heagy *et al.*, 2014) et même en Asie (Hasegawa *et al.*, 2010, 2012, 2013, 2014). C'est une bonne espèce-modèle pour étudier des modèles temporels et géographiques du succès de reproduction et comportement.

En Afrique du Nord, il y a peu d'informations sur sa biologie de reproduction (Cramp, 1988; Møller, 1994), une seule étude a vu le jour en Afrique du Nord (Sakraoui *et al.*, 2005), ce qui constitue l'une des données les plus importantes pour explorer la limite méridionale de la zone de reproduction des espèces. Ces auteurs ont constaté que les dates de ponte sont très variables en Algérie avec seulement deux couvées par saison, et la baisse saisonnière de la taille de la couvée au cours de la saison de reproduction similaire à celles notées dans toutes les populations Paléarctiques occidentales d'Hirondelles rustiques.

La présente étude vise à enrichir nos connaissances de la biologie de la reproduction de l'*Hirondelle rustique* dans la région nord-est de l'Algérie en mettant en évidence la variation temporelle des paramètres de reproduction et la taille des couvées, des œufs et des caractéristiques de nidification, l'éclosion et le succès d'envol.

Sachant que l'Hirondelle rustique peut être très sensible aux variations des conditions climatiques (Ambrosini *et al.*, 2006 ; Møller, 2013) et à l'application des insecticides (Cabello d'Alba, 2002), nous nous attendions aussi à savoir si : les performances de reproduction leur soient fortement dépendantes, ou la plasticité temporelle et chronologique chez les adultes en face au changement de ces conditions dans l'habitat qui assure une survie et une descendance abondante.



Aussi que la connaissance des effets des insecticides dans ce type de milieu est d'une importance majeure pour (1) évaluer le niveau et l'intensité de l'impact, (2) s'enquérir du comportement réactionnel de la population en vue d'optimiser son succès de reproduction et surtout (3) avoir les éléments nécessaires pour une gestion rationnelle et durable de cette population.

Les objectifs écologiques de la présente étude réalisée dans un complexe résidentiel à Guelma (Nord-Est de l'Algérie) sont aussi (1) d'évaluer si les conditions climatiques (température, précipitations et vitesse des vents) et les traitements aux insecticides impactent sur les paramètres de reproduction et (2) si ces mêmes paramètres varient au cours de la saison de reproduction et en fonction du nombre de tentatives de ponte (première *versus* seconde ponte).

En plus des facteurs environnementaux, la masse du corps à l'envol (Linden *et al.*, 1992), les conditions physiques, ainsi que l'immunocompétence sont de bons prédicateurs de la survie individuelle (Møller *et al.*, 2004). La croissance de ces espèces dépend des bioressources extérieures, qui sont à travers les processus digestifs ; dégradées en molécules simples facilement métabolisables (Hopper *et al.*, 1998).

En plus de différents processus physiques et chimiques dans le tube digestif impliqués dans la digestion, une importante flore microbienne diversifiée et assemblée par ses hôtes sont d'une importance primordiale, pour la digestion optimale des aliments, et par conséquent de l'état nutritionnel des oisillons (Hopper *et al.*, 1998). Cependant, les bactéries pathogènes peuvent compromettre l'investissement de cette croissance et réduire la probabilité de survie ou même tuer leurs hôtes (Nutall 1997, Poti *et al.*, 2002).

La migration chez certains oiseaux, agit sur la composition de la microflore du tractus gastro-intestinal qui présente une forte composante environnementale. (Lucas *et al.*, 2005).

L'échantillonnage microbien - au niveau du cloaque des oiseaux- est souvent considéré comme une bonne approche pour l'étude de la diversité de ces microorganismes dans le système digestif « in vivo », du fait qu'à son niveau est réalisée l'évacuation des fèces et des urines (Mead, 1997) et les cellules microbiennes attachées à la paroi intestinale rendent l'extrémité du tube digestif riche et diversifié en complexes microbiens (Mead, 1997). Cependant

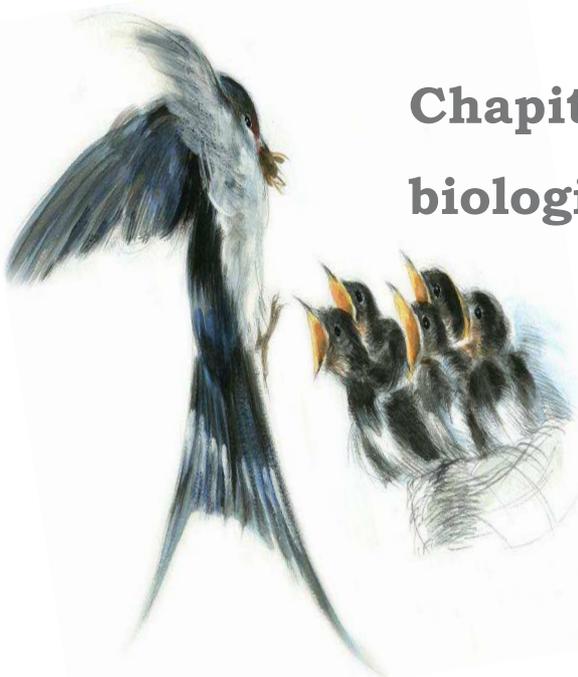


l'échantillonnage des fientes augmente la possibilité d'isoler des bactéries considérées comme pathogènes qui sont en faible nombre par rapport à la flore autochtone.

Dans cet objectif, nous nous sommes investis dans (1) l'étude et la caractérisation (isolement, dénombrement et identification) de la microflore cloacale cultivable des oisillons des Hirondelles rustiques *Hirundo rustica* nicheuse dans la ville de Guelma (Nord-est de l'Algérie) et (2) la recherche des bactéries pathogène dans les fientes des oisillons, depuis l'âge de premiers jours de naissance de l'oisillon (voir les cinq premiers jours) jusqu'au quinzième jour avant l'envol, pour estimer : (1) la variabilité entre la composition microbienne cloacale des différents oisillons ; (2) poursuivre la colonisation microbienne du cloaque en fonction de l'âge des oisillons ; (3) valoriser l'équilibre intestinal des oisillons et leur effet sur le bon recrutement de ces derniers, et enfin (4) d'évaluer le comportement immunitaire de la flore intestinale autochtone contre d'autres bactéries conquérantes et leur maintien de l'équilibre intestinal.

Pour entamer les objectifs de ce travail nous commençons par la description des traits de reproduction de l'*Hirondelle rustique* pendant deux saisons (2012 et 2013), ensuite on explique l'effet de différents facteurs extrinsèques : les conditions climatiques et l'utilisation des insecticides sur le succès à la reproduction de cette population, et les facteurs intrinsèques : la stabilité de la microflore intestinale et leurs effets sur le bon recrutement des oisillons.

**Chapitre I : L'histoire de vie et la
biologie de l'*Hirondelle rustique***





I. L'histoire de vie et la biologie de l'Hirondelle rustique

Hirundo rustica (Linnaeus, 1758)

Les Hirondelles rustiques sont en effet domestiques par instinct ; elle recherche la société de l'homme malgré ses inconvénients, à toute autre société. Elle niche dans nos cheminées, à l'intérieur de nos maisons, surtout de celles où il y a peu de mouvement et de bruit (Adam *et al.*, 2015).

C'est un oiseau qui annonce la belle saison et qui d'ailleurs rend des services réels à l'homme. Il semble au moins que ses services devraient faire sa sûreté personnelle, et cela a lieu à l'égard de plus grand nombre des hommes qui le protègent mais ils font trop souvent un amusement inhumain de le tuer ou de le détruire son nid (Adam *et al.*, 2015)

Par cela les hirondelles nous délivrent des charançons et de plusieurs autres insectes destructeurs de nos potagers, de nos moissons, de nos forêts, et que ces insectes se multiplient dans un pays, et nos pertes avec eux, en même proportion que le nombre des hirondelles et autres insectivores y diminuent. (Adam *et al.*, 2015)

1. La morphologie de l'espèce :

L'Hirondelle rustique appartient à l'ordre des passériformes, à la famille des hirundinidés, au genre *Hirundo* et à l'espèce *rustica*. Elle est également connue sous le nom de l'hirondelle de cheminée ou l'hirondelle des granges.

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



Figure 01 : Hirondelle rustique adulte femelle (2014)

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 avec un collier bleu noir forme une bande pectorale qui tranche nettement avec la poitrine allant du blanchâtre au roussâtre (Turner 2010). (Figure. 01)

La queue présente des rectrices externes très allongées appelées « filets » qui mesurent jusqu'à 106 mm chez le mâle et 84 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 (Turner 2010).

2. Habitats et migration :

Elle est largement répartie en Amérique du Nord et en Eurasie ; son aire de reproduction englobe aussi le nord de l'Afrique. Elle évite la haute montagne et les régions trop arides. Les effectifs sont en déclin dans la majeure partie des pays d'Europe à l'exception des pays de l'Est.



La sous-espèce *Hirundo rustica rustica*, qui se reproduit en Europe et en Asie, entre le cercle polaire au nord, le nord de l'Afrique, le Moyen-Orient et le Sikkim au sud et le fleuve Ienisseï à l'est. (Cramp 1988 ; Møller 1994)

En hiver, elle migre vers l'Afrique, la péninsule Arabe et le sous-continent indien. Les hirondelles qui hivernent en Afrique du Sud viennent de toute l'Eurasie depuis des longitudes pouvant atteindre 91 degrés de latitude et, et ont parcouru jusqu'à 11 660 km lors de leur migration (Ligue pour la protection des oiseaux : L.P.O. 2002).

3. Cycle de reproduction :

Le cycle de reproduction de l'hirondelle comprend la formation du couple, l'accouplement, la construction du nid, la formation de l'œuf, la ponte, la couvaison et l'élevage des oisillons (Møller 1985,1987) ces activités peuvent différer dans leur durée et leur coût énergétique (Ricklefs, 1974; Bryant et Westerterp 1980; Ettinger et King, 1980).

3.1 L'arrivée :

Les Hirondelles rustiques sont des oiseaux migrateurs qui passent leur période d'hivernage dans la partie centrale de l'Afrique, la première arrivée au site de nidification est enregistrée durant le mois d'avril dans la plupart des aires de nidification (Møller 1994).

Ce sont les mâles qui arrivent les premiers dans l'aire de nidification, les femelles les rejoignent plus tard et les trouvent déjà prêts pour la reproduction (Tompson 1992).

Des études sur les hirondelles ont montré que la date d'arrivée est liée à l'âge. L'étude de Thompson *et al.*, (1988) montre que les individus les plus âgés arrivent tôt que les jeunes couples, la date d'arrivée précoce favorise une plus longue saison, un bon accès aux sites les plus favorables et une bonne accumulation de réserve avant l'initiation de la ponte et elle est significativement corrélée avec la date de ponte du premier œuf (Thompson *et al.*, 1988)



3.2 La construction du nid :

Les Hirondelles reviennent aux mêmes endroits pour faire leur ponte, et se mettent tout de suite à l'ouvrage. Elles construisent un nouveau nid, et l'établissent aux mêmes places que l'ancien détruit ou renouvellent le nid préexistant (Thompson 1992). Le nid est construit sous forme de quart ou de demi boule ouverte en haut, avec de la terre argileuse et calcaire, renforcée de paille et amalgamée par de la salive. L'intérieur du nid est revêtu de foin, de poils et de plumes (Møller, 1983). (Figure. 02)



Figure 02 : Nid de l'Hirondelle rustique dans le site d'étude (2014)

Dans le nord-africain l'Hirondelle rustique préfère l'habitat urbain où sub urbain par rapport à l'habitat rural (Sakraoui *et al.*, 2005) ce qui n'est pas le cas dans la majorité de l'aire de nidification de l'espèce où elle niche dans les fermes et les étables etc... (Møller, 1983 ; Thompson, 1988 ; Amborsini *et al.*, 2002).

3.3 Reproduction :

La période de fertilisation dans laquelle le sperme peut être stocké par la femelle pour fertiliser les œufs, elle peut aller de 5 jours avant la ponte jusqu'à la ponte du dernier œuf (Tienhoven, 1983). Chez les hirondelles, l'accouplement a lieu dix jours avant l'initiation de la



ponte (Møller, 1985), et la ponte commence en moyenne 16 jours après les formations du couple (Møller, 1994).

La grandeur de ponte varie entre 2 à 7 œufs blancs tachetés de roux par femelle, qui commence à pondre les œufs au rythme d'un œuf par jour tôt le matin (Cramp, 1988). (Figure. 03)

La durée d'incubation varie entre 11 à 21 jours (Perrins et Cuisin 1987), la femelle ne les quittant que pour aller s'alimenter, car le mâle ne la nourrit pas pendant la durée de l'incubation. (Sakraoui, 2012)

Après l'éclosion, les pullis sont nourris par les deux parents, ils grandissent et quittent le nid au bout de 20 jours (Cramp, 1988). L'envol se fait sur une durée de 2 jours (Møller, 1994).

Une deuxième ponte est effectuée chez les couples les plus précoces, rarement une troisième. Les jeunes des premières nichées effectuent leur erratisme juvénile dès le mois de juin et est rejoint par les adultes au bord des étangs qui servent de dortoirs durant le mois d'août avant leur migration (L.P.O. 2002 in Sakraoui 2012).



Figure 03 : Œufs pondus de l'Hirondelle rustique dans le site d'étude (2014)



4. Régime alimentaire :

L'hirondelle est strictement insectivore. Elle se nourrit essentiellement d'insectes aériens individuellement ou par petits groupes en vol au-dessus des terres ouvertes et des eaux libres, elle ne dépasse pas les 10 m au-dessus du sol et deçà de 1 m (Béal, 1918 ; Savignac, 2011 ; Brown et Brown, 1999).

Elle peut chasser jusqu'à 400 à 500 mètres aux alentours de son nid (Møller, 1987 ; Ambrosini *et al.*, 2002).

La population des Hirondelles rustiques se classe parmi les oiseaux qui ont une grande importance écologique et économique par leur régulation du nombre d'insectes nocifs dans le milieu, car une nichée nécessite environ 120000 mouches au minimum par saison (Manco *et al.*, 2010).

Ce régime alimentaire varie en nombre et en espèce selon la période de l'année (Turner, 2006) qui change selon la disponibilité des proies et selon les conditions environnementales et les conditions climatiques journalières (Schulze Hagen, 1970 ; Turner, 1982 ; Turner, 2006).

La composition spécifique du régime alimentaire dans le nord-africain et selon Sakraoui *et al.*, (2012) et essentiellement de Diptères, d'Hyménoptères, des coléoptères, des hémiptères, des orthoptères et enfin des odonates.

Chapitre II : Description de site





2. Relief :

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture montagneuse et forestière avec un passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau.

Dans la wilaya de Guelma les montagnes constituent le relief le plus important 37% de la superficie totale de la wilaya : la plus grande altitude c'est celle de Djbel Mahouna avec 1.411 m d'altitude puis Houara (1.292 m d'altitude), Taya (1.208 m d'altitude) et Debagh 1.060 m d'altitude).

La couverture forestière est importante aussi, elle couvre 10 5395 ha (28.59 % de la superficie de la wilaya). Les Plaines et les plateaux couvrent 27,22 % et les collines et Piémonts 26,29 %. (A.N.D.I 2013 in Gueroui 2015).

3. L'agriculture :

Grâce à des conditions climatiques très favorables et l'importance de la richesse de ses sols, la wilaya de Guelma offre de grandes possibilités pour le développement de l'agriculture.

La répartition générale des terres au niveau de la wilaya de Guelma, lors de la campagne agricole 2010/2011, fait distinguer l'importance de la surface agricole totale (SAT) qui représente une superficie totale de 264618 Ha soit 70,99% de la superficie totale wilaya, dont (70.80%) surface agricole utile (SAU) soit 187338 Ha. La culture céréalière domine la surface utilisée avec 85560 ha (46%).

L'élevage s'est développé avec les extensions progressives des grandes cultures. Cet état de fait est souvent dû à la recherche d'un complément de revenu des exploitations agricoles.

Pour le bovin 86700 têtes en 2011, ovines 444500 têtes, et caprines 59400 têtes. (URBACO, 2010)



4. hydrogéologie :

La zone est traversée par l'une des plus importantes rivières du pays "le Seybouse" (Djabri, 1996) qui est considéré comme le second Oued d'Algérie après l'Oued Chélif, la Seybouse présente un axe de drainage d'un bassin versant d'une superficie de 6471 Km (Debieche, 2002). Il prend sa source au point de rencontre entre oued Charef et Oued Bouhamdane au niveau de la commune de Medjez Amar en traversant la plaine de Guelma Bouchegouf. Leur apport total est estimé à 408 millions m³/ans. (Figure. 05)

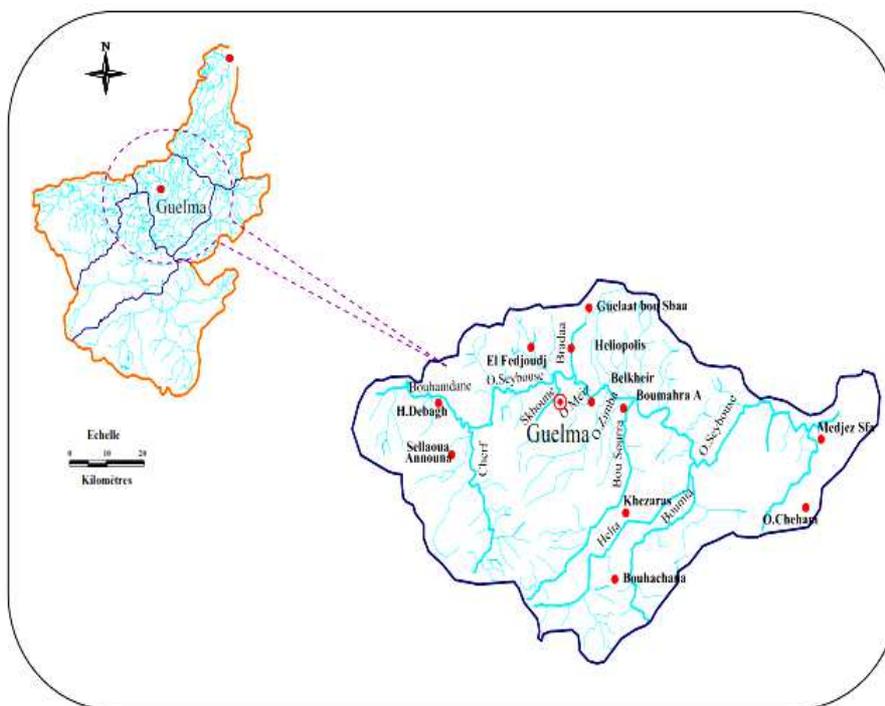


Figure 05 : Réseau hydrologique de la wilaya de Guelma (A.D.D-A.B.H-C.S.M 2005)

L'Oued Bouhamdane provient de l'Ouest de la wilaya au niveau de la commune de Bouhamdane avec un apport total estimé de 96 millions m³/an, Oued Mellah qui provient du Sud-Est au niveau de la plaine de Tamlouka. Son apport total est apprécié de 151 millions m³/an et enfin Oued Charef qui prend sa source au Sud de la wilaya avec un apport total de 107 millions m³/an (Zouaidia, 2006).



5. climatologie :

Depuis une vingtaine d'années, les changements climatiques et leurs impacts possibles et avérés sur la biodiversité ont suscité une abondante littérature scientifique (Frances, 1970 ; Siano *et al.*, 2004 ; Huin *et al.*, 2010). Elle démontre un impact sur les oiseaux migrateurs : décalage des périodes de migration, modification dans la reproduction et la survie des espèces, déplacement des zones de reproduction et d'hivernage.

La wilaya de Guelma est caractérisée par un climat subhumide qui domine la région septentrionale, alors que sa partie méridionale est caractérisée par un climat semi-aride (Debieche, 2002). Ce dernier est caractérisé par une variation saisonnière bien marquée. Il se manifeste par une longue période estivale sèche et chaude et une saison hivernale humide et froide.

5.1 La température :

La température peut influencer sur les organismes directement ou indirectement parce que les conditions thermiques affectent d'autres organismes à laquelle un individu est écologiquement lié, bien que ces relations puissent être complexes (Timbre, 1993 ; Buse *et al.*, 1999). L'effet persistant de la température peut conduire à des processus coévolutionniste où les populations évolueront pour correspondre à la reproduction avec la période de disponibilité maximale des aliments (Perrins, 1991; Winkler et Walters, 1983; Korpimäki et Lagerström, 1988; van Noordwijk, Mc Cleery et Perrins, 1995). Dans les populations d'oiseaux des zones tempérées à des latitudes boréales, la température influence le calendrier de la reproduction (Robertson, 1995; Dunn et Winkler, 1999), la taille des couvées (Brown et Brown, 1999; Meijer *et al.*, 1999), et taux d'éclosion des oeufs (Järvinen et Ylimaunu, 1986; Magrath, 1992; Järvinen, 1996; Williams et Cooch, 1996; Enemar, 1997 ; Veistola, Leikoinen et Eeva, 1997; chrétiens, 2002).

À l'échelle mensuelle, la température moyenne est élevée pendant la période sèche allant du mois de juin à septembre avec un maximum de l'ordre 29,63°C (station de Guelma) enregistré au mois de juillet. Par contre, la période hivernale (décembre à février) est caractérisée par des valeurs plus basses variant de 6 à 10°C avec un minimum pouvant atteindre 4°C observé au mois de janvier (2012).



Les données des températures moyennes mensuelles mesurées dans la station sont consignées dans le tableau 01:

Tableau 01: Température moyenne mensuelle la région de Guelma (1990-2013).
(Gueroui, 2015).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	8,88	9,52	13,23	16,4	21,07	25,92	29,63	29,56	24,75	20,17	14,05	10,03

5.2 Précipitations :

Les précipitations sont un élément fondamental en écologie. Le volume annuel des pluies conditionne la distribution des espèces dans les aires biogéographiques (Ramade, 1984).

Les exigences en humidité des espèces animales sont très variables et peuvent être différentes suivant des stades de leur développement et suivant les fonctions vitales envisagées (Dreux, 1980).

Les oiseaux supportent les alternances de saisons sèches et de saison humide. L'humidité intervient sur la longévité et le développement, sur la fécondité, sur le comportement, sur la répartition géographique, sur la répartition dans les biotopes et sur la densité des populations (Dajoz, 1971).

La plupart des oiseaux ne cherchent pas à éviter une pluie si elle est faible, mais lorsqu'elle devient forte et battante, ils cherchent un abri (Bourliere, 1950 ; Elkins, 1996).

Les variations des quantités pluviométriques de la station météorologique de la wilaya de Guelma enregistrées durant la période allant de 1990 à 2013 révèlent une plus forte chute de pluie durant la période humide avec un maximum de 88,36 mm au mois de décembre, puis une diminution jusqu'au mois de juillet, le mois le plus sec avec une précipitation moyenne de 4,28 mm (Tableau 02).



Tableau 02 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (Gueroui, 2015).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	80,99	68,27	60,82	55,52	50,09	17,18	4,28	12,65	39,78	41,47	70,16	88,36

5.3 Synthèse climatique

L'établissement d'une synthèse des facteurs climatiques à savoir la pluviométrie et la température fait appel à l'étude des deux paramètres suivants :

- Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen
- Le quotient pluviométrique d'Emberger.

5.3.1 Diagramme ombrothermique:

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (Dajoz, 2003).

Un mois est biologiquement sec lorsque le rapport précipitation (P) sur température (T) est inférieur à 2 ($P/T < 2$). Sur la base de l'équation $P = 2T$, nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de la région de Guelma (Figure 06).

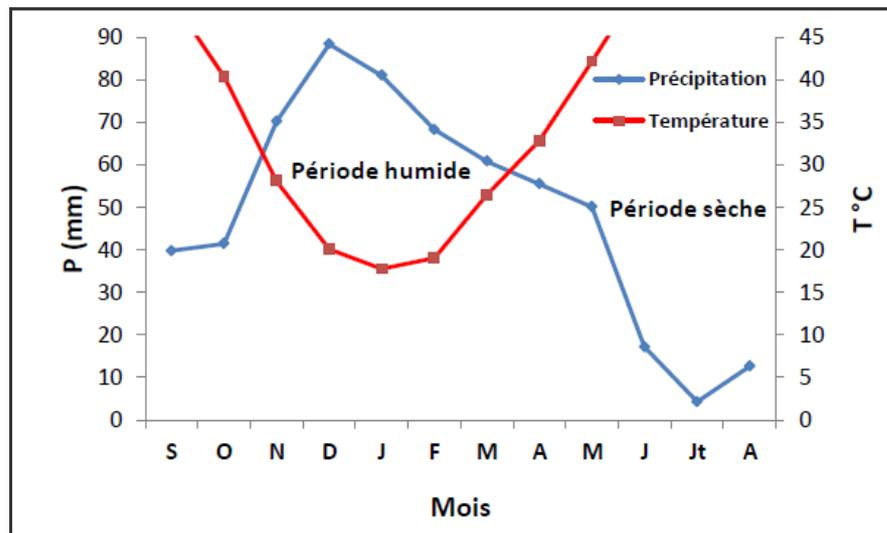


Figure 06 : Diagramme pluviothermique de la ville de Guelma (1990 - 2013).

La représentation graphique de ce diagramme (Figure 06) montre deux périodes, l'une chaude et sèche s'étale sur sept mois du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre. L'autre période froide et humide s'étale sur cinq mois du mois de novembre jusqu'au mois de mars.

5.3.2 Climagramme d'Emberger

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q₂). (Dajoz, 2000).

L'expression de ce quotient est la suivante :

$$Q_2 = 2000 * P/M^2 -m^2$$

Q₂ est l'indice pluviométrique qui se fonde sur les critères liés aux précipitations annuelles moyennes P (mm), à la moyenne des minima du mois le plus froid de l'année (m), et à la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M).



Pour la région de Guelma, le Q_2 ; calculé est de 65.10. En rapportant les valeurs de Q_2 et de m sur le climatogramme d'Emberger nous trouvons que notre région est sous l'influence d'un climat semi-aride à hiver tempéré (Figure 07).

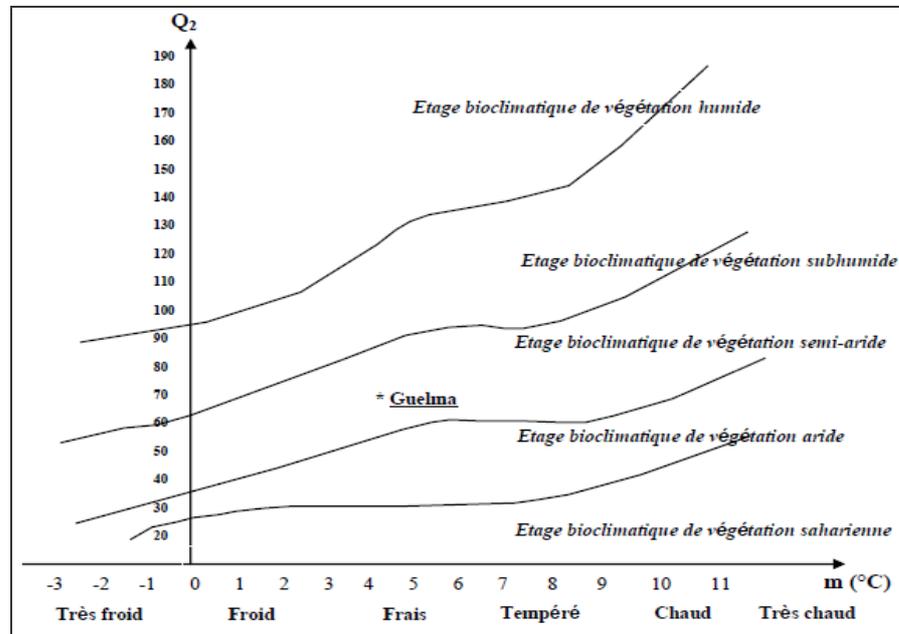


Figure. 07 : Situation de la ville de Guelma dans le climatogramme d'Emberger (1990-2013).

6. cadre biotique :

On ne peut pas parler de la végétation en occultant la faune, dès lors que les espèces végétales et animales se regroupent suivant leurs affinités écologiques, précisément en des ensembles structurés appelés (biocénoses). La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert végétal,...), on y trouve une biodiversité significative.

6.1 La faune :

La faune dans cette région est très diversifiée, parmi les espèces existantes, on peut citer:

- **Les mammifères :** Sanglier, Chacal, Renard, Lièvre, Lapin, Gerboise, Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée.
- **Les oiseaux :** Perdix gambara, Caille des blés, la Tourterelle, Chardonneret (espèce protégée), Moineau, Hibou, Palombe, la Cigogne blanche, le Héron garde-bœufs, le Héron cendré,....



□ **Les reptiles :** Tortue, Lézard, Couleuvre. (DPAT, 2008)

6.2 La flore :

La couverture végétale est représentée par une dominance de peuplements forestiers qui occupent une superficie de 107.704 hectares avec un pourcentage de 28 % de la superficie de la wilaya. Cette étendue de végétation abrite des espèces floristiques représentées essentiellement par : le Chêne liège, le Chêne vert, l'Eucalyptus, le Cyprès, le Pin d'Alep, le Pin Maritime, le Bruyère, l'Arbousier, le Lentisque, le Filaire, le Myrte, le Genet, le Calicotum, et le Ronce. (DPAT, 2008).

7. La population urbaine :

La population de la wilaya de Guelma, 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 selon les estimations de 2011 a atteint 506 007 habitants. Plus de 86.46% de la population de Guelma résident dans les agglomérations chefs lieux et secondaires. Le taux d'agglomération dans le chef-lieu est de 75% de la population totale, celui de l'agglomération secondaire est de 11% et enfin la zone rurale représente 14% de la population de la wilaya. Ce phénomène du regroupement de la population de la wilaya se fait au détriment de la zone éparse qui ne cesse de se vider de sa population.

Le chef lieu de la wilaya souffre de la concentration de la population qui est de 99.30%, ce taux justifie ainsi la prédominance totale de l'urbain sur le rural ce qui explique son niveau d'équipement et de service qui est plus développé dans la zone d'étude (URBACO 2010)



Chapitre III : Matériel et méthodes



III MATERIEL ET METHODES

1. Biologie de la reproduction des Hironnelles rustiques :

1.1 Station d'étude :

La population d'Hironnelles rustiques étudiée niche à la périphérie Est de la ville de Guelma ($36^{\circ}27'41.52''$ N ; $7^{\circ}26'27.84''$ E) dans le complexe résidentiel "le course" (Figure. 08). 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. À 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 dominent [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.

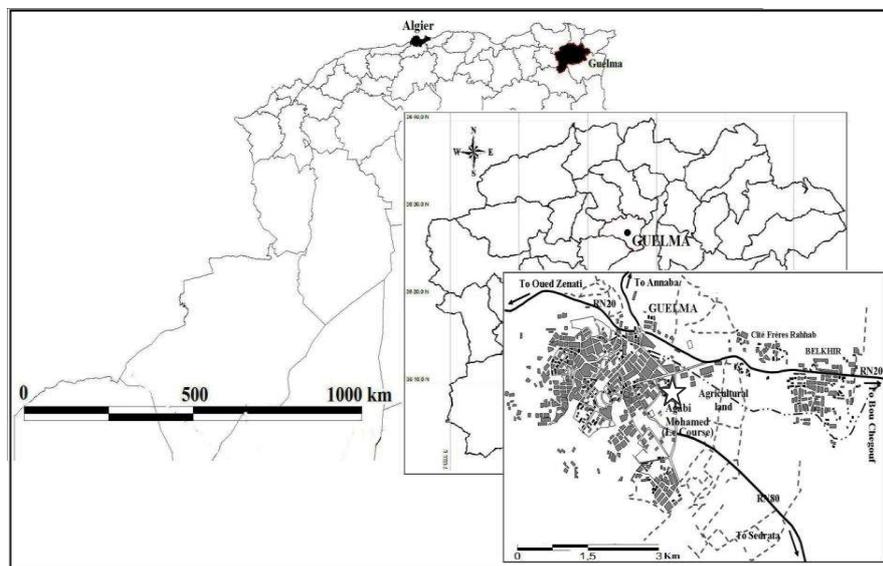


Figure 08 : Station d'étude Guelma- Algérie.

Durant les deux années d'études (2012 et 2013), 117 nids ont fait l'objet de notre étude. Ils sont localisés dans le complexe résidentiel "le course", les nids sont régulièrement construits



dans les cages d'escalier des bâtiments, sur le sommet des portes d'accès aux appartements et dans les balcons. Ce site a été choisi pour l'accessibilité des nids. (Figure 09, 10, 11, 13)



Figure 09 : Localisation géographique du complexe résidentiel "le course" de Guelma (Algérie).



Figure 10 : La cité course « Guelma 2015 ».



Figure 11 : immeuble de nidification (2015).



Figure 12 : L'emplacement de nid (2012).



Figure 13 : La sortie des adultes (2012).

1.2 Méthodes d'échantillonnage :

1.2.1 Caractéristiques et emplacement des nids :

Les nids sont construits juste à l'encoignure des portes d'entrée des appartements. Dans chaque étage on peut trouver de certains nids construits et la plupart des étages sont occupés. La mensuration des hauteurs des nids par rapport au sol et faite par un décimètre.

1.2.2 Les paramètres démographiques :

Cette étude a été réalisée par un suivi régulier dès le début de mars jusqu'à la fin d'août pendant deux années successives 2012 et 2013. Une recherche systématique a été réalisée dans tous les immeubles pour localiser les nids, qui ont ensuite été vérifiés au moins trois fois par semaine jusqu'à l'initiation de la ponte afin de repérer les nids occupés (les nids là où il n'y a aucune ponte sont exclus de notre travail).

Les nids occupés ont été visités régulièrement pendant les deux années 2 fois par semaine après l'initiation de la ponte (date de ponte) qui représente la date à laquelle le premier



œuf est pondu par nid, jusqu'à ce que le succès de la nidification ait été déterminé : une reproduction réussie (au moins un jeune envolé du nid) a été établie en se basant sur les critères utilisés par Hanane et Baâmal (2011). Au cours des suivis on note : le nombre d'œufs pondus par femelle en sachant qu'elle pond un œuf par jour, la date d'éclosion qui est la date ou minimum un œuf était éclos, le nombre d'œufs éclos, le nombre de poussins envolés par nid et enfin on note la période d'incubation qui représente le nombre de jours qu'une femelle passe à couvrir les œufs donc la durée en jours entre l'achèvement de la ponte et le début d'éclosion dans chaque nid, le succès moyen à l'éclosion qui correspond au nombre d'œufs éclos sur le nombre total d'œufs pondus, le succès moyen à l'envol qui représente le rapport du nombre de poussins envolés sur le nombre d'œufs éclos, et le succès moyen de la reproduction qui correspond au rapport du nombre de poussins envolés sur le nombre total d'œufs pondus.

Après que les premières couvées sont achevées, les nids ont été suivis pour la recherche d'une seconde ponte, selon les critères illustrés par Møller en 1989 une deuxième ponte a été définie comme au moins deux œufs nouvellement pondus par nid après l'achèvement de la 1^{er} ponte dans les nids suivis, la présence d'un seul œuf était insuffisante en raison de la possibilité "d'œuf-abandon".

Dès que la deuxième ponte est initiée le suivi des nids est établi par la même méthode de suivi des 1^{er} pontes, et les mêmes paramètres de reproduction ont été notés.

1.2.3 Les mensurations des œufs :

Chaque œuf a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (précision 0.1mm) et pesé en utilisant un peson de 10 g (précision 0.1 g).

Nous avons ensuite calculé le volume des œufs en utilisant la formule de HOYT'S (1979):

$$V = 0.51 \times L \times B^2.$$

Où **L** : longueur de l'œuf (mm), **B** : Largeur de l'œuf (mm), **V** : volume de l'œuf (cm³), $\pi = 3.14$.



1.2.4 Indices appliqués à la biométrie des œufs :

Les indices utilisés pour l'exploitation de la biométrie des œufs sont :

- **l'indice de coquille** : $I_c = P / D$ ou P est le poids des œufs avant l'incubation ; D est le grand diamètre de l'œuf (Ramade, 1978),
- **L'indice de forme des œufs** : $I_f = (d \times D) / 100$ B et L sont respectivement la largeur et la longueur de l'œuf mesurés en mm) (Sauveur, 1988).
- **la densité** : $D \text{ (g/cm}^3\text{)} = P / V$ ou $P \text{ (g)}$ est le poids de l'œuf ; $V \text{ (cm}^3\text{)}$ est le volume de l'œuf (Augion, 2007).

1.3. Analyses statistiques :

Nous avons calculé les moyennes et les écarts types pour les différents paramètres étudiés. Nous avons également calculé le coefficient de corrélation de Pearson afin de mettre en évidence les différentes liaisons entre les paramètres étudiés.

Nous avons procédé au test de student pour étudier la variation des différents paramètres durant toute la période d'étude. Pour tous ces calculs deux logiciels statistiques ont été utilisés ; le Statistica (version 5.0, 6.0) et le Spss (version 22).



2. Facteurs affectant la reproduction : condition climatique journalière et application des insecticides.

2.1. Conditions climatiques journalières :

2.1.1 Méthode d'échantillonnage :

Un total de 87 nids a été traité, 41 en 2012 et 46 en 2013. Les données climatiques journalières (température, précipitation et vitesse du vent) des deux périodes printanières et estivales (début mars-fin août) ont été obtenues à partir de la station météorologique la plus proche du site d'étude.

Le choix des paramètres température et précipitations a été dicté par le fait qu'ils agissent sur l'abondance des insectes ainsi que sur le moment de leurs émergences (Huin *et al.*, 2010). La vitesse du vent intervient quant à elle sur la dynamique de la chasse des Hirondelles rustiques. Ces paramètres ont été aussi testés par Saino *et al.*, 2004 ; Ambrosini *et al.*, 2006 ; Vaquero-Alba, 2011 et Møller, 2013.

Ces trois paramètres météorologiques (i) la température moyenne (°c) ; (ii) les précipitations cumulées (mm) et (iii) la vitesse moyenne des vents des maxima journaliers (km/h) été calculés pour chacune de trois périodes phonologiques : (i) la période de ponte ; (ii) la période d'incubation et (iii) la période totale de la reproduction de la ponte des œufs à l'envol des poussins.

Puis ils ont été associés à : (i) la taille de la ponte ; (ii) le nombre d'œufs éclos/nid et (iii) le nombre de poussins envolés/nid. De sorte que le nombre d'œufs pondus par nid était associé aux données météorologiques calculées de 10 jours avant l'initiation de la ponte pour chaque nid, cette période a été définie par N. Siano *et al.*, en 2004 comme une période probable pour la formation des jaunes œufs chez les femelles et donc la période d'accumulation des réserves pour l'initiation de la ponte. Le nombre de poussin éclos été associé aux conditions climatiques durant la durée d'incubation de chaque nid et finalement le nombre de poussins envolés été associé aux données de la période d'élevage avant l'envol.



2.1.2 Traitement statique :

Dans la mesure où les prédicateurs comprennent à la fois des variables catégorielles et des covariables continues, les relations entre les variables dépendantes et explicatives ont été évaluées à l'aide de l'analyse de la covariance (ANCOVA, Crawley, 2005 ; voir aussi Karlsson et Wiklund, 2005). Après examen de la normalité des variables continues, via le test de Wilk-Shapiro, une transformation logarithmique des variables précipitations et vitesse des vents ont été effectuée.

Dans notre approche, sauf pour le nombre d'œufs pondus, tous les modèles ont inclus le logarithme du nombre d'œufs en offset afin de modéliser le nombre d'œufs éclos et le nombre de poussins envolés par nid. Mais avant de procéder à cette analyse et afin de ne pas inclure dans le même modèle des variables corrélées, il a été nécessaire d'explorer, en amont, pour chaque période phénologique, les corrélations entre, les variables quantitatives continues (corrélation de Pearson), les variables qualitatives et quantitatives (Analyse de la Variance, ANOVA) et les variables qualitatives (année versus ordre de la ponte ; test de Khi-deux : $\chi^2_{1,2} = 12,276$; $p < 0,001$).

Afin d'évaluer la pertinence relative de nos différents modèles et des différentes variables pour expliquer les données, le critère AIC (Akaike Information Criterion), qui représente un compromis entre l'ajustement aux données et le nombre de paramètres utilisés (Burnham et Anderson, 2002), a été utilisé au même titre que l'AIC. Ce dernier a été aussi utilisé dans la mesure où il informe sur le pouvoir explicatif de chaque modèle ou de chaque variable (Burnham et Anderson, 2002). Le meilleur modèle est celui qui présente le plus petit AIC. Si la différence d'AIC entre deux modèles emboîtés est inférieure à 2, le choix se porte sur le modèle avec le moins grand nombre de paramètres selon le principe de parcimonie (Burnham et Anderson, 2002). Au vu du faible nombre de données, l'AIC a été corrigé pour les petits effectifs (AICc). Les modèles sont classés par ordre croissant d'AIC et d'AIC weight. La contribution relative des variables incluses dans les meilleurs modèles est évaluée grâce au calcul des sommes des AIC.



2.2. L'application des insecticides :

2.2.1. Méthodes d'échantillonnages :

Pour chercher l'effet de la perturbation brusque de la disponibilité alimentaire grâce à l'utilisation des insecticides dans le milieu urbain sur le bon déroulement de la reproduction de cet oiseau, les paramètres de reproduction (moyenne des nombres d'œufs pondus, de poussins éclos et envolés), ont été comparés entre celles-ci produisent avant l'utilisation des insecticides et celle-ci produisent après.

Les dates d'utilisation des insecticides dans les immeubles de nidification ont été directement notées sur le terrain, alors que les noms des produits utilisés nous ont été communiqués par le bureau de la protection sanitaire de l'environnement urbain de la ville de Guelma.

2.2.2 Traitement statistique :

Contribution relative des variables incluses dans les meilleurs modèles est évaluée grâce au calcul des sommes des AIC. L'analyse de l'effet des traitements aux insecticides a porté exclusivement sur l'année 2012, via des ANOVA, dans la mesure où en 2013, les nids en phase d'incubation et en phase d'élevage ont été tous concernés par l'application des insecticides (pas de nids épargnés par les traitements). Ainsi, des comparaisons de moyenne des nombres d'œufs pondus, de poussins éclos et envolés, avant et après l'application des insecticides, ont été effectuées. Dans le texte, les moyennes sont présentées avec leurs erreurs standard (moyenne \pm 1 ES). Les valeurs de $p < 0,05$ ont été considérées comme significatives.

Toutes les analyses ont été effectuées par le logiciel Open source R v2.12.2 (R Core Development Team, 2009).



3. Microbiologie intestinale :

3.1. L'objectif général :

La flore intestinale joue un rôle important dans la digestion des aliments que les parents fournissent à leurs oisillons, par conséquent plusieurs recherches fondamentales ont montré un lien entre l'état nutritionnel, la flore intestinale et la croissance chez les oiseaux sauvages (Nutall, 1997 ; Hopper *et al.*, 1998 ; Davis *et al.*, 2007).

Les bactéries non pathogènes, dans le tube digestif peuvent avoir des avantages importants pour les espèces hôtes, y compris ceux qui ont directement un rôle dans l'acquisition et le stockage des nutriments, l'optimisation de leurs utilisations (Ckedd *et al.*, 2004) et la synthèse ainsi que l'absorption des nutriments essentiels (Stevens et Hume, 1998).

D'autre part les bactéries pathogènes peuvent réduire la survie des oisillons est conduit à un déclin dans le nombre des nouvelles générations (Nutall, 1997). Les bactéries autochtones peuvent exclure des agents pathogènes potentiels (Hopper *et al.*, 1998) et favorisent le maintien de l'équilibre intestinal (Davis *et al.*, 2007).

Pour explorer la flore intestinale dans un premier temps, le travail est destiné à faire une étude comparative qui consiste à évaluer l'équilibre intestinal en se basant sur le dénombrement des familles de bactéries autochtones dans le cloaque des oisillons depuis la naissance (les 5 premiers jours) jusqu'à l'âge poste envolé (15eme jour).

Le deuxième objectif est d'évaluer la présence des bactéries pathogènes chez un grand nombre d'oisillons au sein d'une populations et de voir si ces bactéries peuvent agir sur le bon recrutement des oisillons ou si la flore intestinale autochtone forme une barrière de protection depuis les premiers jours de naissance ainsi de valoriser les voies de transmission de ces bactéries entre individus dans la population.



3.2. Exploration de la flore cloacale :

3.2.1 Méthode d'échantillonnage :

Durant la saison de reproduction de l'année 2012, nous avons étudié la microflore cloacale des oisillons des Hirondelles rustiques *Hirundo rustica* nicheuse dans la wilaya de Guelma (36°27'40 " N; 7°26'18"E).

Cinq nids ont été choisis aléatoirement dans trois régions (Guelma ville, Bouchegouf et Hammam Debagh) dans chacun de ces nids se trouve trois oisillons. En effet, les prélèvements ont été réalisés sur les poussins âgés de cinq, dix et quinze jours.

Pour ne pas confondre entre les âges des poussins l'âge a été déterminé grâce à une échelle utilisée par McGinn et Clark (1978). (Tab. 03)

Tableau 03 : Détermination de l'âge des poussins (McGinn et Clark ,1978)

Age (jours)	Critère de détermination
1er jour	Les œufs n'ont pas tous éclos, les oisillons sont aveugles ; le diamant sur le bec est toujours présent.
4-5 jours	Les yeux sont entre ouverts. Les plumes primaires et secondaires commencent à pousser
5-6 jours	Les plumes primaires de la queue commencent à pousser
6 jours	La croissance du tarse se ralentit. Les oisillons peuvent être bagués
9 jours	Les plumes de la queue on poussés.
10 jours	La croissance du tarse est pratiquement complète
13 jours	Les plumes ont poussé presque dans tout le corps
16 jours	Dernière date possible pour le baguage
18 jours	Capable de voler
20-22 jours	Les oisillons quittent le nid

Les prélèvements cloacaux sont réalisés par écouvillonnage (écouvillon de 5 mm de long sur 2 mm de large) directement à partir du cloaque des oisillons. Puis en respectant les



conditions d'asepsie, seul le coton de l'écouvillon est introduites dans 10 ml de bouillon nutritif approprié dilué à 10^{-1} (Keyle and Keyle 1993 ; Lombardo *et al.*, 1996)

Les échantillons ont été transportés au laboratoire dans une glacière ($\approx 4^{\circ}\text{C}$) dans un temps ne dépasser pas trente minutes (Keyle and Keyle 1993 ; Lombardo *et al.*, 1996) .Après des dilutions appropriées (Tab. 04), un volume de 10 ml de la solution dilué est filtré à travers les membranes de nitrocellulose de 45 μm de diamètre. Ensuite, ces membranes ont été déposées sur des milieux sélectifs (Tab. 04).

Les clostridies sont recherchées dans le milieu sélectif VF (Viande-foie) après un choc thermique effectué aux échantillons (à 80°C pendant 10 min puis transférer directement à 4°C pendant 10 min). Les formes de résistance de ces microorganismes se développant en anaérobiose à $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24h et/ou 48 h, donnent des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium.

Tableau.04 : Recherche des microorganismes dans le cloaque des oisillons des Hirondelles rustiques

Microorganismes recherchés	Milieux utilisés	Dilution
Bactéries aérobies	TSA (Trypticase soy agar)	10^{-4}
Cocci à Gram positif	Columbia	10^{-3}
<i>Staphylocoques</i>	Chapman	10^{-2}
Bacilles à Gram négatif	Mac Conkey	10^{-3}
Coliformes	TTC tergitol 7	10^{-3}
<i>Lactobacilles</i>	MRS	10^{-4}
<i>Clostridium</i>	VF (Viande foie agar)	10^{-2}
Levures	SAB (Sabouraud agar)	10^{-2}

Pour la recherche des bactéries, les échantillons ont été incubés pendant 24h à 37°C et les levures pendant 72 h à 25°C . Il est à noter que la recherche des lactobacilles a été réalisée



dans les conditions d'anaérobiose. Après culture, les microorganismes sont dénombrés et ensuite ils sont bien isolées et identifiées selon leurs arsenaux enzymatiques et leurs profils biochimiques

3.2.2 Traitements statistiques des données :

Pour la présentation des résultats, le nombre des microorganismes est multiplié à la dilution effectuée, puis il est transféré en log à base 10 $(1+n)$ UFC (unité formant de colonie) par écouvillonnage « n = nombre de colonies sur chaque filtre ». Ceci nous permet de bien présenter le nombre élevé des bactéries et également de valoriser les échantillons négatifs du log à base 10 $(1+0) = 0$. Les résultats de dénombrement microbien sont exprimés en pourcentage d'apparition dans les prélèvements analysés et en moyenne \pm écartype.

Dans les traitements statistiques, chaque oisillon est considéré comme une variable indépendante.

En fait, l'indice de Shannon, l'indice d'équitabilité et la richesse spécifique sont calculés selon l'âge des oisillons, dont la moyenne des variables de dénombrement microbien est calculée pour chaque groupe d'âge [5 j, 10j et 15 j] avant le calcul des indices.

Dans la mesure comprennent les relations entre les variables dépendantes et explicatives ont été évaluées à l'aide de l'analyse de la variance.

3.3 Microbiologie des fientes :

L'étude a été réalisé pour but de rechercher les bactéries pathogènes qui peuvent-être présentes en faible nombre dans les intestins des oisillons, ces bactéries peuvent être un facteur qui agit sur la santé des oisillons et donc agit sur le succès à l'envol.

3.3.1 L'échantillonnage :

Le travail était mené dans la ville de Guelma et plus précisément au complexe « le course » qui se trouve au nord-est de cette région durant l'année 2014.

109 prélèvements y compris 9 œufs non éclos sont pris pour les analyses.



Chacun des oisillons est concerné par trois prélèvements ; lorsqu'il a cinq jours après l'éclosion, dix jours et enfin quinze jours.

La prise de déjections des oisillons est réalisée tôt le matin et consiste à tenir l'oisillon dans la main ensuite on prend un tube à vice stérile au préalable et diriger ce dernier vers l'orifice anal de petit où on appuya délicatement sur son ventre pour le pousser à propulser ses déjections à l'extérieur, en 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 de l'immeuble, du nid et de l'individu, l'âge des oisillons.

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 les transporter au laboratoire

L'analyse des œufs non éclos consiste à verser le contenu de l'œuf dans un tube stérile avant l'analyse. Il est à noter que ce travail ne concerne pas les embryons.

3.3.2 Etude au laboratoire :

L'objectif de cette étude consiste à trouver les bactéries qui peuvent être à l'origine d'entérites aiguës chez les oisillons qui sont encore petits et fragiles.

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

3.3.3 Méthodes de cultures et d'isolement :

A) 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.



☞ 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 (Figure 15), formant ce qu'on appelle zones de lyse 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. (Delarras, 2014)

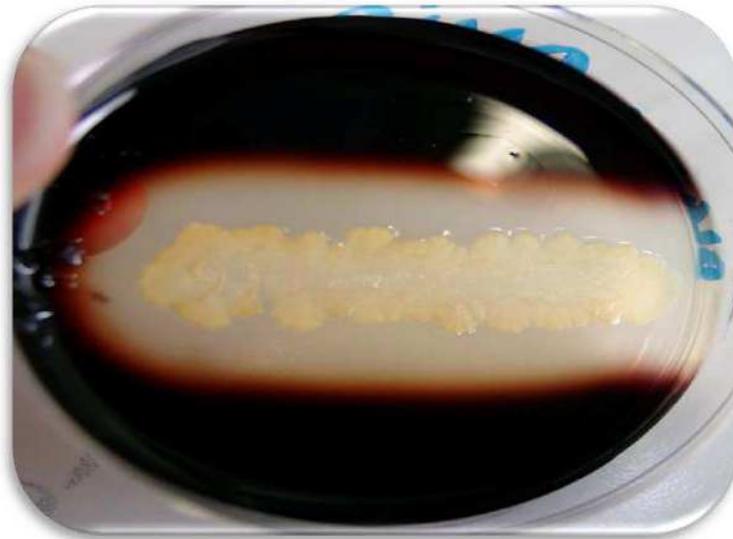


Figure 15: Test du lugol positif.

☞ 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).

❖ *Salmonella*

La recherche des Salmonelles peut se réaliser en deux étapes :

☞ Enrichissement

C'est une étape cruciale en utilisant le bouillon de Rappaport-Vassiliadis 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 (Haemig *et al.*., 2008).



☞ **Isolement**

L'isolement des Salmonelles s'effectue sur une gélose solide sélective généralement la gélose Hektoen (J-L. Avril *et al.*, 1992). Après incubation du bouillon de Rappaport-Vassiliadis, tout virage de la couleur bleue vers le jaune indique qu'il y a une pousse et le tube qualifié positif, par la suite on prélève un échantillon de tube positif avec l'outil de l'ensemencement, on l'ensemence sur Hektoen suivie par une incubation à 37°C durant 24 heures (Haemig *et al.*, 2008).

L'identification des Salmonelles commence par une première lecture des colonies sur la gélose Hektoen. Les colonies de *Salmonella* qui poussent sur Hektoen sont lisses, lac moins (Chouder, 2006). Puis une identification par la galerie biochimique API 20E.

❖ *Yersinia*

☞ **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 (J-L. Avril *et al.*, 1992).

☞ **Isolement**

La culture de *Yersinia* peut être envisagée sur la gélose Hektoen, mais dans le présent travail on a utilisé la 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 8 jours (Crenn, 2004). La culture des échantillons enrichis par froid de *Yersinia* a été effectuée sur le milieu Mac Conkey

☞ **Lecture macroscopique**

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



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) (Tab. 05).

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.
[CIT]	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 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



Figure 16 : Aspect des colonies de *Yersinia* sur gélose Mac Conkey.

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

❖ *Pseudomonaceae; Pseudomonas*

Cette bactérie peut se cultiver directement à partir des échantillons par un ensemencement sur un milieu solide sélectif qui est la Cétrimide à partir de la suspension mère, l'incubation se fait à 37°C pendant 24-48 heures.

L'identification de *Pseudomonas* passe par l'utilisation du king A et B avant de procéder à l'utilisation de la galerie API NE.

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.(Tab.06)

**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

3.4. Antibiogramme

Il existe des interactions entre les bactéries aboutissant à la formation de substances antibactériennes inhibitrices de la croissance d'autres groupes bactériens. Cette action inhibitrice provoque l'ouverture d'une niche écologique et de ce fait l'établissement d'un autre groupe de



bactéries qui a l'affinité pour le même substrat mais n'est pas susceptible au composé antimicrobien. (Margie *et al.*, 2003 ; lianhui , 1993 ; Blaut, 2000)

La nouvelle communauté de bactéries, constituée d'une multitude d'espèces va former un biofilm. La formation de biofilms exige l'existence d'un échange d'informations entre bactéries grâce à la synthèse de molécules comme signaux qui sont produits dans l'environnement et peuvent être sentis par les autres bactéries. Ces signaux peuvent influencer le comportement et les capacités métaboliques des bactéries en modulant l'expression du gène.

De plus le transfert de matières génétiques entre les bactéries dans l'intestin est très important puisqu'il est directement impliqué dans la résistance aux antibiotiques et la capacité de bactéries pour s'adapter aux changements de l'environnement (Lybbey, 2000)

L'objectif visé de cette partie est de valoriser la capacité de résistance des bactéries isolées aux antibiotiques qui sont naturellement sensibles pour eux et savoir si les intestins des oisillons un milieu favorable pour l'acquisition de nouveaux caractères de résistance ?

3.4.1 Principe :

La méthode de diffusion sur milieu solide est celle la plus utilisée (méthode standard). Elle 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 (~ 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. 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) (Tab.07).

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.

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

D/d : diamètres critiques standards

Les antibiotiques qui ont été testés pour la réalisation de l'antibiogramme des espèces bactériennes identifiées, sont du nombre 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 *ce 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)	1 μl	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
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)	1 μl	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 IV : Résultats et discussion





1. Biologie de la reproduction des Hirondelles rustiques

Les résultats obtenus sont ceux d'un suivi de deux saisons de reproduction 2012 et 2013.

L'effectif des Hirondelles rustiques est important dans la ville de Guelma les colonies sont localisées dans les cotes de la willaya, ils préfèrent construisent son nid dans des cages d'escalier des bâtiments situés près des espaces ouverts.

Cette espèce effectuée deux pontes successives dans une période qui s'étale entre avril à la fin d'aout. Les nids sont occupés généralement deux fois.

La migration post nuptial vers les quartiers d'hivernage est entamée vers la fin du mois de septembre pour l'ensemble des deux saisons.

L'arrivée des couples est plus tardive en 2012 (fin mars) par rapport à 2013 (mi-mars)

1.1 Caractéristique de l'emplacement des nids :

La plupart des couples d'Hirondelles rustiques occupent et renouvellent les anciens nids, la construction des nouveaux nids est rare.

Sur les 117 couples étudiées nous avons : (Tab. 09)

- 61 durant la saison 2012.
- 56 durant la saison 2013.

Tableau 09 : Les nids suivis durant la saison de reproduction

	2012		2013		total
	Ponte 1	Ponte 2	Ponte 1	Ponte 2	
Nbr de nids occupés	31	30	29	27	117
Nbr de nids réussis	28	29	24	24	105
Nbr de nids vandalisés	02	01	04	01	08
Nbr de nids abandonnés	00	00	01	02	03



Les nids sont construits à différentes hauteurs pouvant aller jusqu'à 14,61 mètres et plus par rapport au sol.

Ils sont bâtis à des hauteurs allant de 2,61 m à 14,61 m du niveau du sol, les nids les plus fréquents sont à des hauteurs de $(8,54\text{m} \pm 0,12\text{ m})$, tandis que très peu de nids sont construits à des hauteurs de 2,61 m.

L'analyse de la répartition verticale de nids occupés a été basée sur 54 et 53 nids en 2012 et 2013 respectivement. Aucune différence significative n'a été détecté dans la hauteur des nids occupés entre deux années ($U = 1,430$, $P = 0,99$) et les deux pontes ($U = 1,387$, $P = 0,80$).

Les nids occupés ont été construits à la hauteur moyenne de $11,53 \pm 2,78\text{ m}$ en 2012 et $11,64 \pm 2,27\text{ m}$ en 2013. Elle varie en 2012 entre 2,6 à 14,60 m pour la première ponte et de 8,30 à 14,60 pour la deuxième ponte, et de 8,30 à 14,60 m en 2013 pour les deux couvées.

La distribution verticale des nids dans les bâtiments a montré que la majorité des nids occupés (61% et 71%) étaient à la hauteur entre 8 m et 12 m en 2012 et 2013, respectivement (Figure 17).

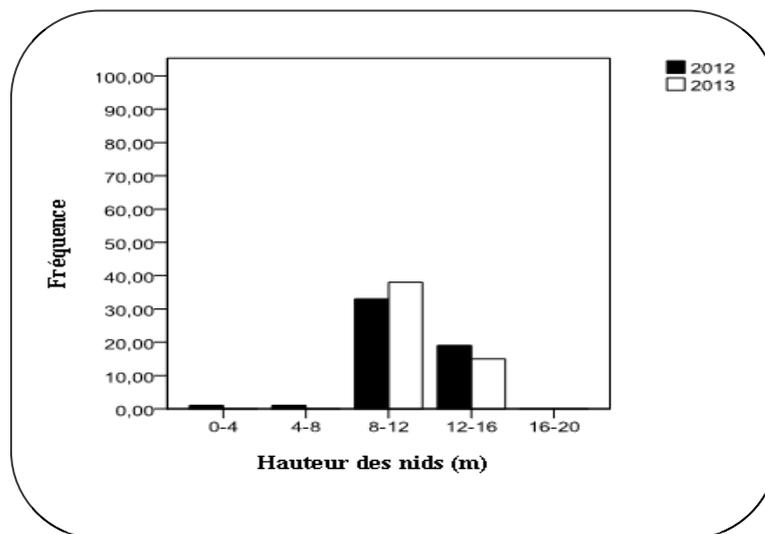


Figure 17 : La fréquence d'occupation des nids selon les classes d'hauteur par rapport au sol.



1.2. La chronologie d'occupation des nids et date de ponte:

1.2.1 Date d'arrivée et chronologie d'occupation :

Les graphes présentent le nombre de nids occupés chaque 10 jours depuis le 1er mars jusqu'à la fin juillet pour les deux saisons (Figures 18,19).

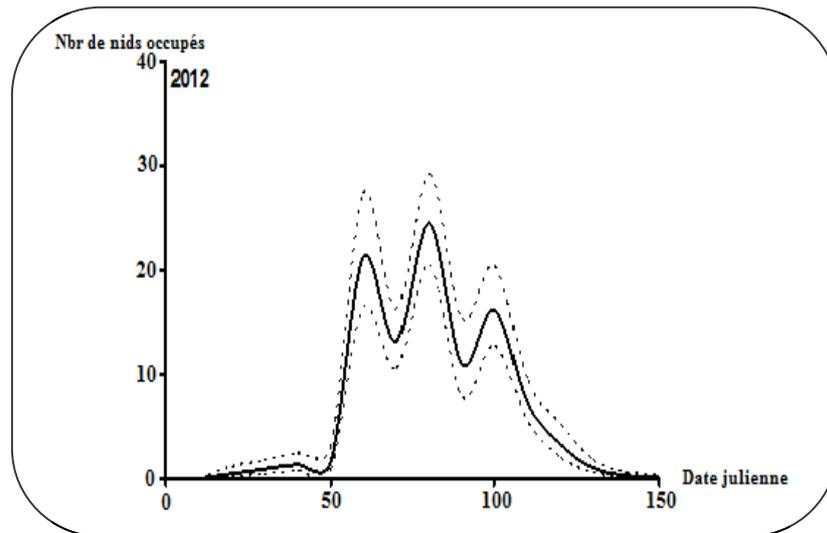


Figure .18 : Chronologie d'occupation des nids durant la saison 2012 (1 er mars=1 jour)

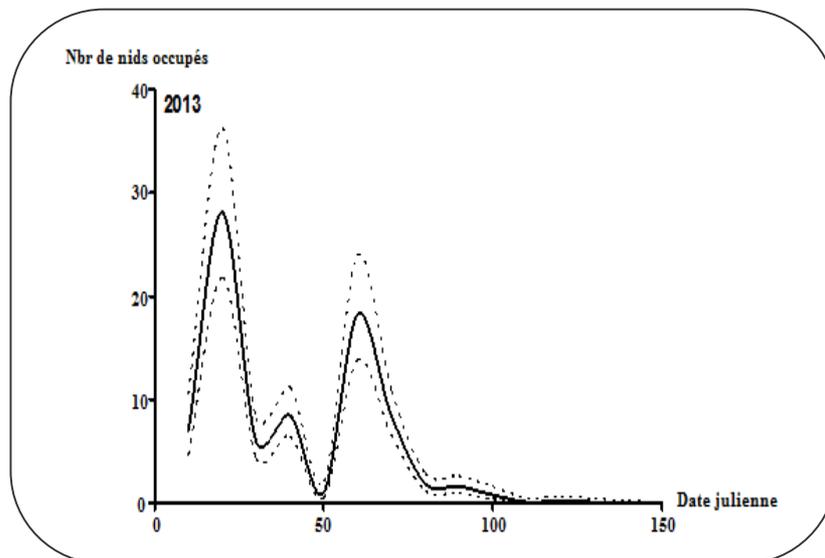


Figure 19 : Chronologie d'occupation des nids durant la saison 2013 (1 er mars=1 jour)



La chronologie d'occupation des nids révèle principalement 3 pics correspondant à trois périodes de ponte dans l'année 2012 et 2 pics correspondant à deux périodes principales en 2013.

Chez les Hirondelles rustiques les couples occupent principalement le nid 2 fois par saison et c'est le cas pour les deux saisons étudié sauf que dans l'année 2012 les couples tardifs de la première ponte et les couples précoces de la deuxième ponte occupent les nids dans la même période médiane de ce fait que, dans l'année 2012 en ne peut que difficilement différencier entre les deux pontes.

En 2013 la première période est plus courte que la deuxième mais avec un pic plus élevé (25 nids du total des nids occupés) elle s'étend sur la première décade d'avril jusqu'à la dernière décade de juin, tandis que la deuxième période s'étend sur le mois de juillet avec un pic de (18 nids).

1.2.2 Date de ponte :

Pour la saison 2012 la date moyenne de ponte a lieu le 06 mai pour la première ponte où le premier œuf du couple le plus précoce a été pondu le 22 avril et celui le plus tardif le 11 juin, soit une durée de ponte de 50 jours. (Figure 20)

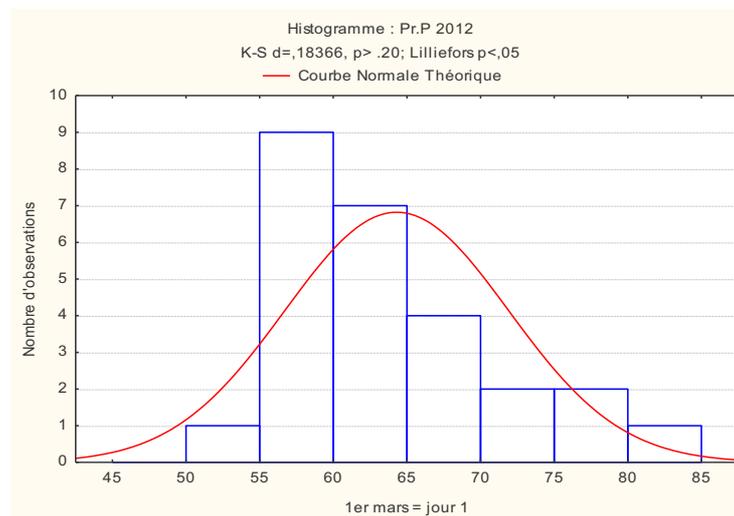


Figure 20 : Variation de la date de ponte (Pr. P 2012)



Pour la deuxième ponte la date moyenne est le 26 juin et le premier œuf du couple le plus précoce a été pondu le 16 juin et celui le plus tardif le 22 juillet, soit une durée de ponte de 36 jours. (Figure 21). La date moyenne de la première et de la seconde ponte montrent un intervalle de 63 jours.

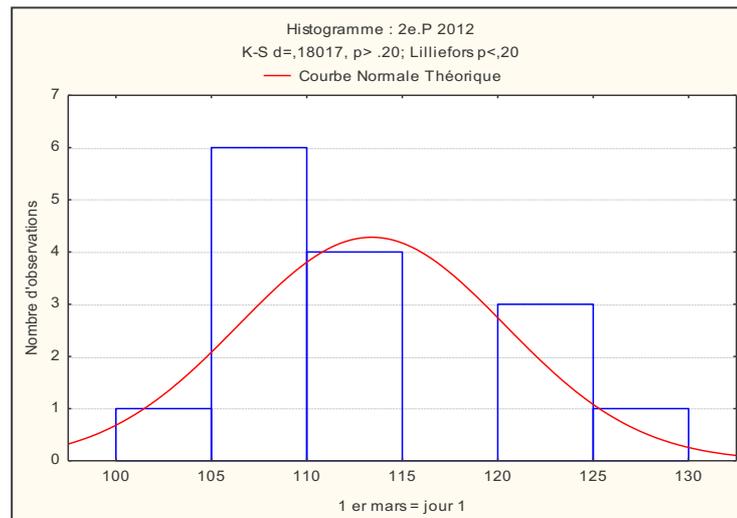


Figure 21 : Variation de la date de ponte (2e. P 2012)

La période totale de ponte s'étale sur 91 jours.

Pour la saison 2013 la date moyenne de ponte a lieu le 16 avril pour la première ponte où le 1^{er} œuf du couple le plus précoce a été pondu le 3 avril et celui le plus tardif le 5 mai, soit une durée de ponte de 35 jours. (Figure 22)

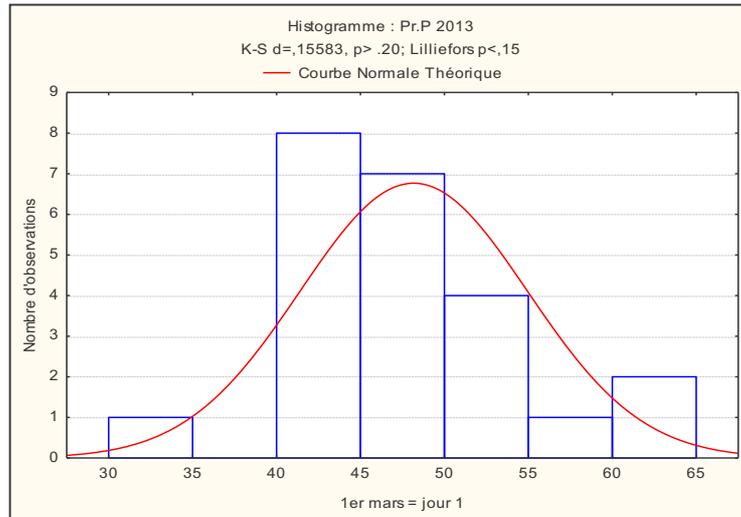


Figure 22 : Variation de date de ponte (Pr.P 2013)

Pour la 2eme ponte la date moyenne de ponte et le 10 juin où le 1er œuf du couple le plus précoce a été pondu le 25 mai et celui le plus tardif le 3 juillet, soit une durée de ponte de 58 jours. (Figure 23) .Entre la date moyenne de la 1^{er} et seconde ponte un intervalle de 57 jours.

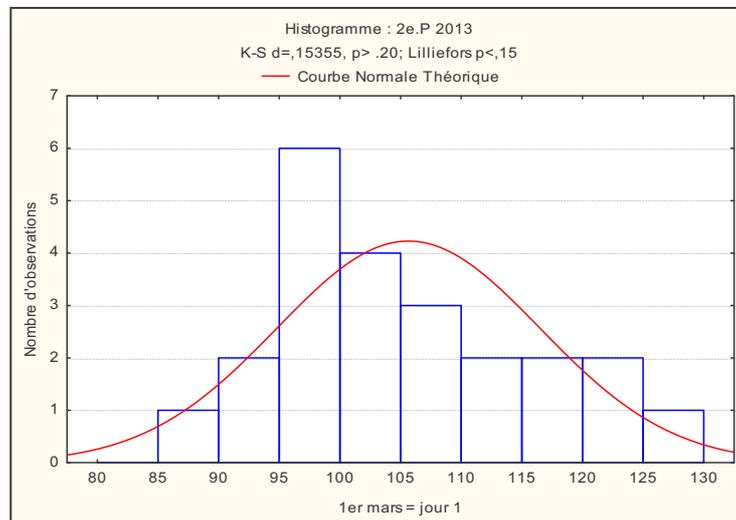


Figure 23 : Variation de date de ponte (2e.P 2013)

La période totale de ponte s'étale sur 91 jours.



La date de ponte moyenne était plus précoce en 2013 ($64,30 \pm 7,60$ en 2012 et $48,17 \pm 6,77$ en 2013 avec une différence de 16 jours. (Figure 24)

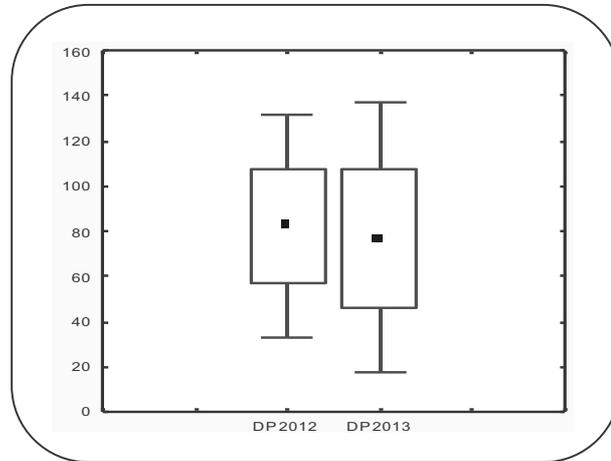


Figure 24 : Variation des dates de ponte durant les deux saisons d'étude.

Et par conséquent Il y avait aussi une différence significative entre la date de ponte des œufs entre les premières et les deuxièmes générations des deux années (Deux-échantillon test de Kolmogorov-Smirnov: $P < 0,0001$). (Figure 25 et 26)

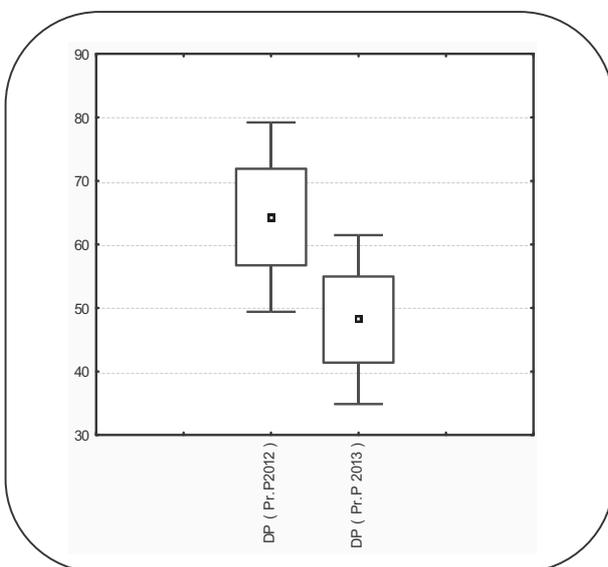


Figure 25 : Variation des dates de ponte durant les saisons d'étude (première ponte).

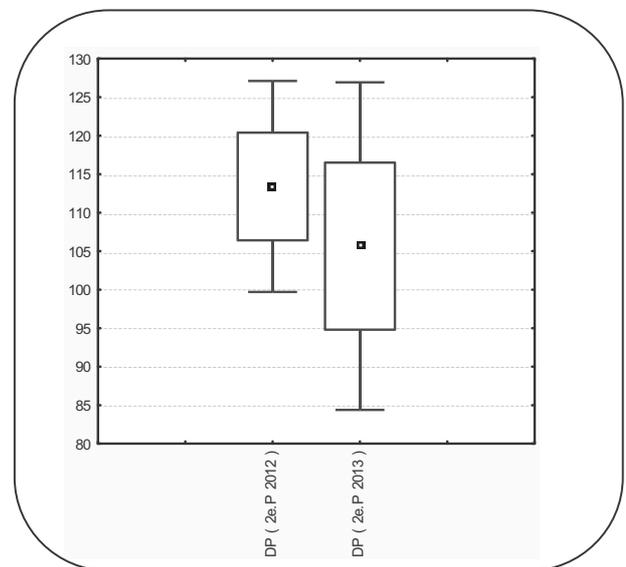


Figure 26 : Variation des dates de ponte durant les saisons d'étude (Seconde ponte).



Les périodes totales de ponte sont égales pour les deux saisons (91 jours), avec une variabilité entre la période de la première et la seconde ponte ; la plus longue a été enregistrée durant la deuxième ponte de la saison 2012 (63 jours) et la plus courte celle de la première ponte de la même année (35 jours).

1.3. Grandeur de ponte

Durant la saison de reproduction 2012 la grandeur moyenne de ponte de la première couvée est de $4,87 \pm 1,12$ œuf avec 01 à 06 œufs par femelle. Les pontes les plus fréquentes sont de 04 œufs avec un pourcentage de 41 %. (Figure 27)

Pour la seconde ponte, la grandeur moyenne de ponte est de $4,14 \pm 0,91$ œuf avec 03 à 07 œufs par femelle. Les pontes les plus fréquentes sont aussi de 4 œufs avec un pourcentage de 60 %.

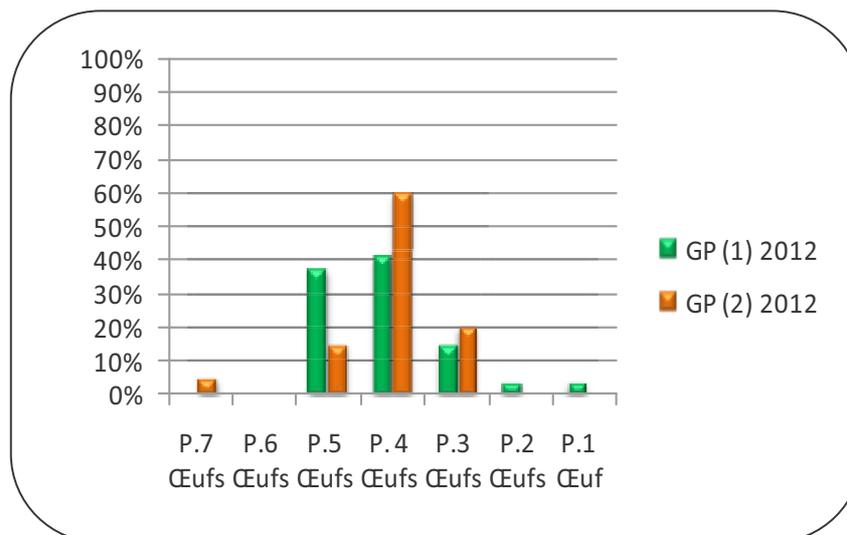


Figure 27 : Variation de la grandeur de ponte durant les deux pontes 2012.

Durant la saison de reproduction 2013 la grandeur moyenne de ponte de la première couvée est de $4,88 \pm 1,60$ œuf avec 01 à 06 œufs par femelle. Les pontes les plus fréquentes sont de 06 œufs avec un pourcentage de 50 %. Pour la seconde ponte, la grandeur moyenne de ponte est de $4,03 \pm 1,01$ œuf avec 01 à 05 œufs par femelle. Les pontes les plus fréquentes sont de 4 œufs avec un pourcentage de 40 %. (Figure 28)

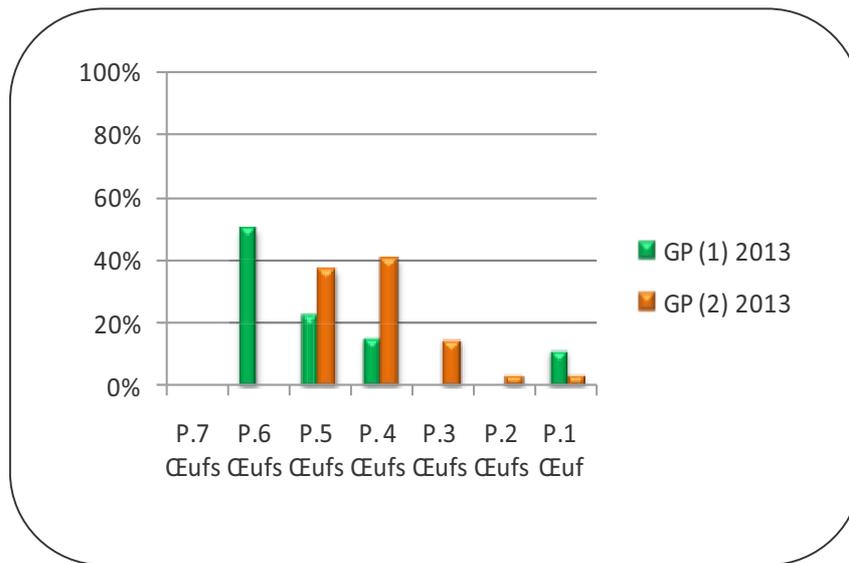


Figure 28: Variation de la grandeur de ponte durant les deux pontes 2013.

Nous n'avons pu trouver aucune différence significative entre les années 2012 et 2013 ($U = 1,347, P = 0,99$). (Figure 29)

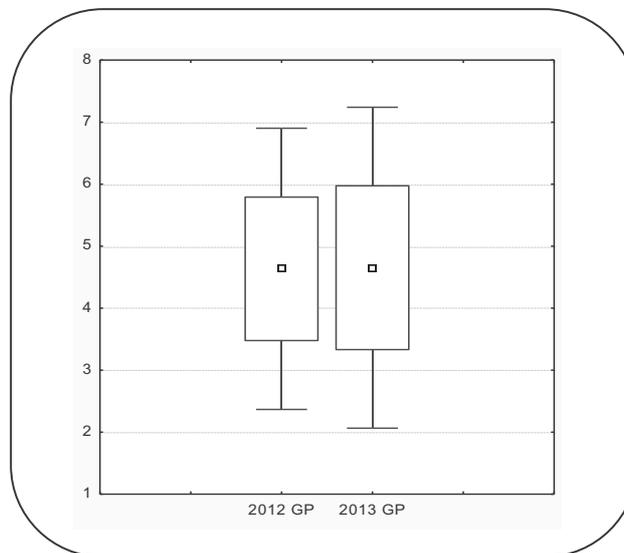


Figure 29: Variation de la grandeur de ponte durant les deux saisons 2012 et 2013

La taille des couvées n'était pas liée à la hauteur des nids en 2012 et 2013 ($r = 0,03, N = 52, P = 0,79; r = 0,12, N = 53; p = 0,36$), respectivement. Les corrélations entre la grandeur et la date



de ponte de la première et la seconde ponte ne sont pas significatives pour les deux saisons ($P > 0.05$)

1.4. Durée de l'incubation

Durant la saison de reproduction 2012 l'incubation moyenne des œufs a duré $16,29 \pm 2,75$ jours pour la première ponte, elle a varié entre 11 et 21 jours.

Pour la seconde ponte la durée moyenne de l'incubation est de $15,78 \pm 3,09$ jours et elle a aussi varié entre 11 et 21 jours.

Mais il n'y a aucune différence significative entre les deux pontes $p > 0,05$ (Figure 30).

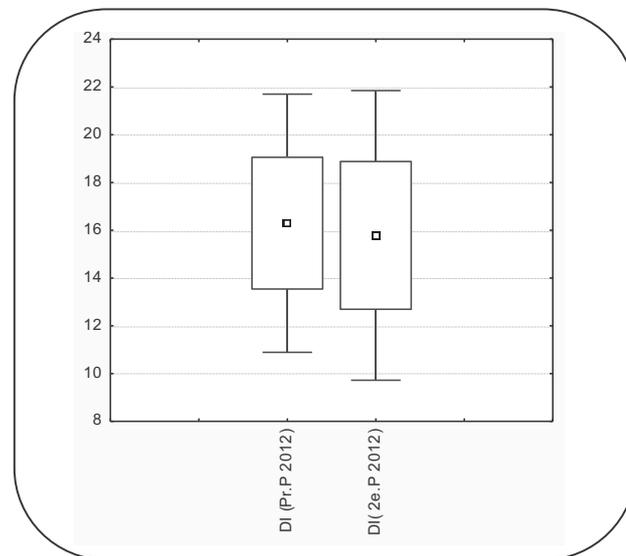


Figure 30: Variation de la durée d'incubation durant les deux pontes 2012

Il n'existe aucune corrélation significative entre la date de la première ponte et la durée de l'incubation. Tandis que, ces variables sont significativement corrélées dans la deuxième ponte. La durée d'incubation diminue au cours de la saison de la reproduction en ce qui concerne la deuxième ponte ($r = -0,5971$, $n = 12$, $p = 0,024$) (Figure 31).

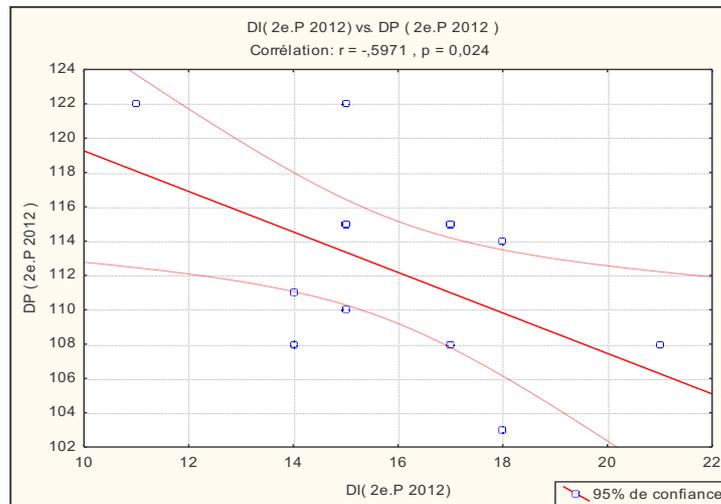


Figure 31 : Corrélation entre la durée de l'incubation et les dates de ponte (seconde ponte 2012).

Durant la saison de reproduction 2013 l'incubation moyenne des œufs a duré $17,78 \pm 3,04$ jours pour la première ponte. Elle a varié entre 11 et 24 jours. Durant la seconde ponte la durée moyenne de l'incubation est de $16,17 \pm 2,70$ jours pour la seconde ponte et a varié entre 11 et 24 jours. Mais il n'y a aucune différence significative entre les deux pontes $p > 0.05$. (Figure 32)

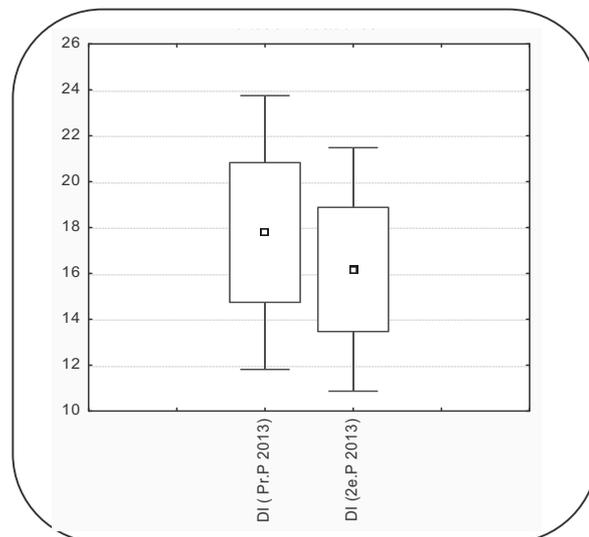


Figure 32: Variation de la durée d'incubation durant les deux pontes en 2013



En 2013 les périodes de l'incubation semblent n'ont pas une relation avec la date de ponte dans toutes les nichées que ce soit de la première ou de la seconde ponte, aucune corrélation significative avec les dates de ponte n'a été observée ($p > 0.05$).

Les durées de l'incubation dans les deux saisons n'ont aucune relation significative avec la grandeur de ponte, que ce soit saisonnièrement ou par ponte (tous les $p > 0.05$)

Les valeurs les plus élevées de la durée de l'incubation sont enregistrées durant la saison 2013. Entre saisons la variation de la durée de l'incubation est non significative ($p = 0,104$) ceci pour la première ponte, et aussi pour les secondes ponte ($p = 0,797$).

1.5 Œufs éclos :

Durant la saison de reproduction 2012, le nombre moyen d'œufs éclos de la première ponte est de $4,33 \pm 1,24$ avec des limites de 0 à 6 œufs. Pour la seconde ponte la moyenne est de $3,64 \pm 1,01$ avec des limites de 2 à 5 œufs.

Les valeurs de ce paramètre varient significativement entre la première et la seconde ponte ($t = 2.90$, $N = 66$ $p = 0.005$). (Figure 33)

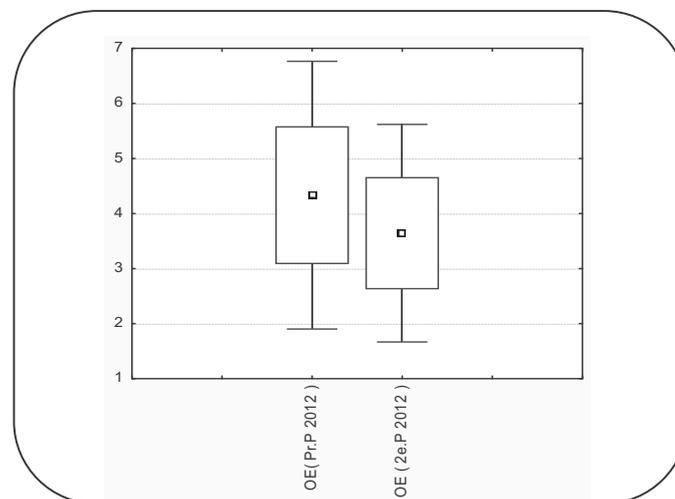


Figure 33 : Variation des valeurs des œufs éclos durant les deux pontes 2012

Le nombre d'œufs éclos présente une corrélation négative et significative avec la date de ponte durant seulement la seconde ponte ($r = - 0.53$, $N = 14$, $p = 0.04$). (Figure 34)

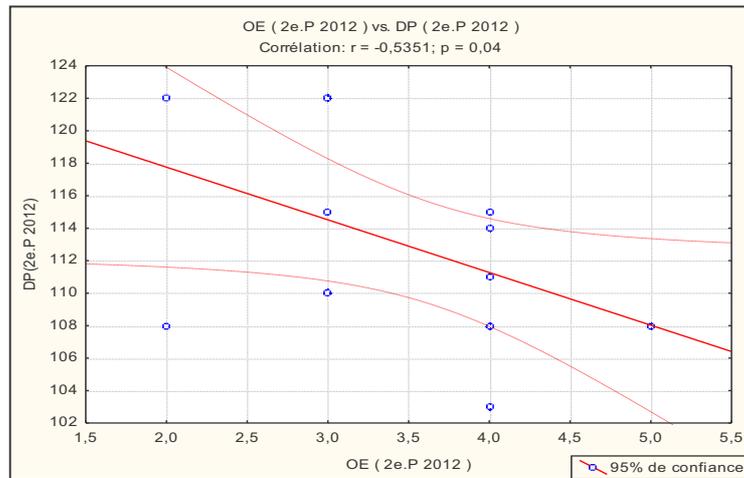


Figure 34: Corrélation entre le nombre d'œufs éclos et la date de ponte durant la seconde ponte 2012

Il existe aussi une corrélation positive et significative entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour la première ponte ($r = 0,88$, $N = 27$, $p = 0,0000$) (Figure 35) et pour la seconde ponte ($r = 0,60$, $N = 14$, $p = 0,023$) (Figure 36)

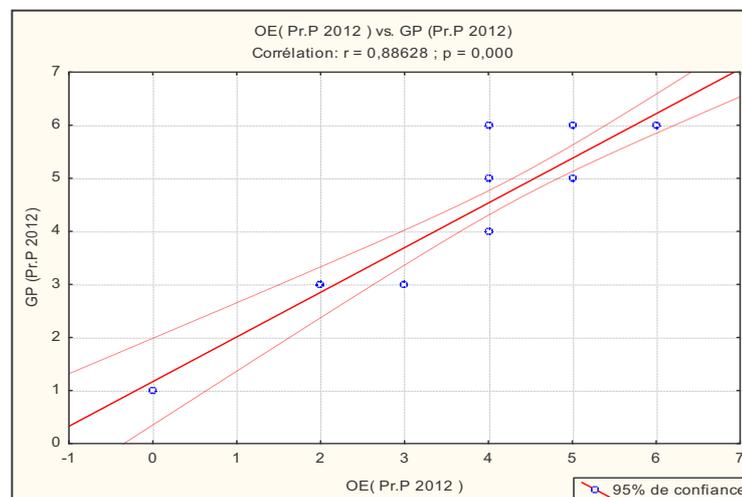


Figure 35: Corrélation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos dans la première ponte 2012

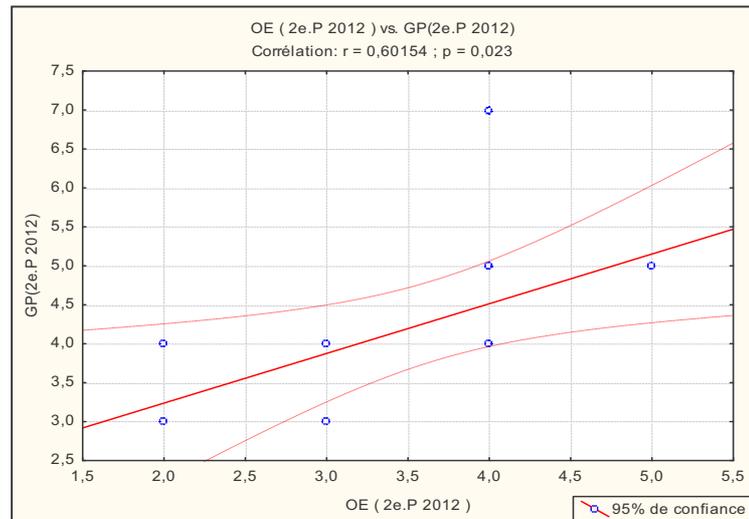


Figure 36: Corrélation entre la grandeur de ponte et le nombre d’œufs éclos dans la seconde ponte 2012

Une corrélation positive et significative été observé entre Le nombre d’œufs éclos et la durée d’incubation durant la saison 2012. ($r = 0.34$, $N = 41$, $p = 0.30$). (Figure 37)

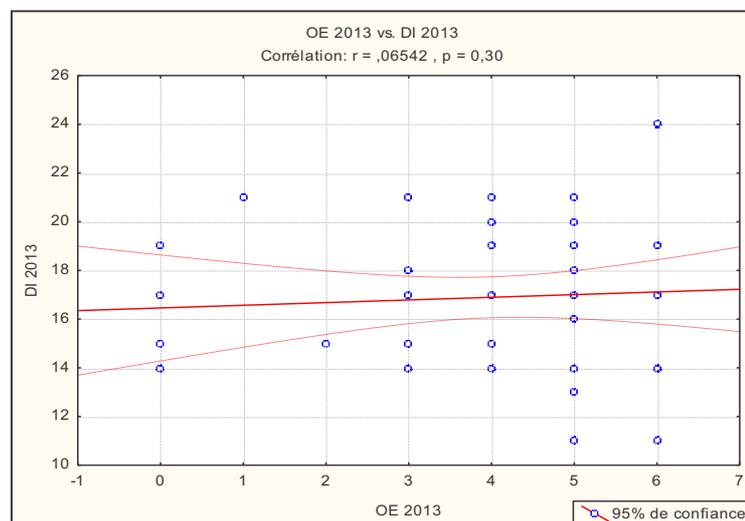


Figure 37 : Corrélation entre la durée de l’incubation et le nombre d’œufs éclos durant l’année 2012.



Durant la saison de reproduction 2013, le nombre moyen d'œufs éclos de la première ponte est de $4,56 \pm 1,80$ avec des limites de 0 à 6 œufs. Pour la seconde ponte la moyenne est de $3,35 \pm 1,30$ avec des limites de 0 à 5 œufs. Les valeurs de ce paramètre varient significativement entre la première et la seconde ponte ($t= 2.24$, $N =53$, $p= 0.02$). (Figure 38)

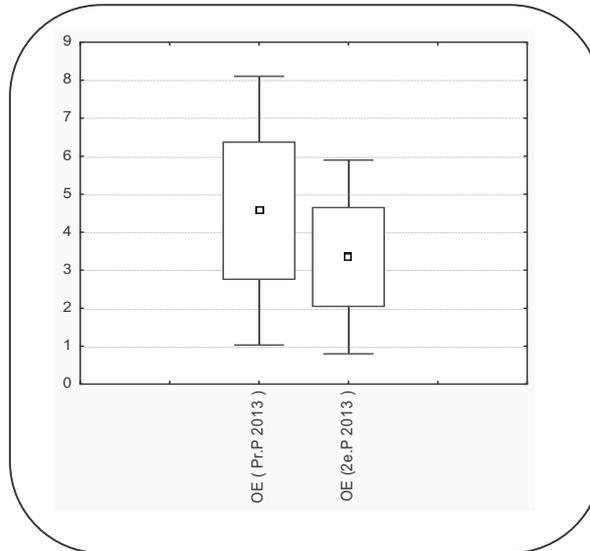


Figure 38 : Variation des valeurs des œufs éclos durant les deux pontes 2013

Le nombre d'œufs éclos présente une corrélation négative et significative avec la date de ponte durant la seconde ponte ($r = - 0.41$, $N = 23$, $p = 0.04$). (Figure 39)

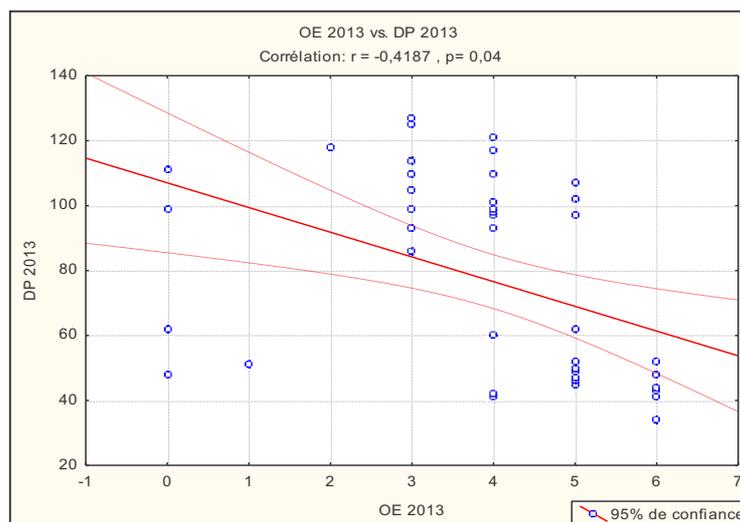


Figure 39 : Corrélation entre le nombre d'œufs éclos et les dates de ponte 2013



Il existe une corrélation positive et significative entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour la première ponte ($r = 0.41$, $N = 46$, $p = 0,04$). (Figure 40)

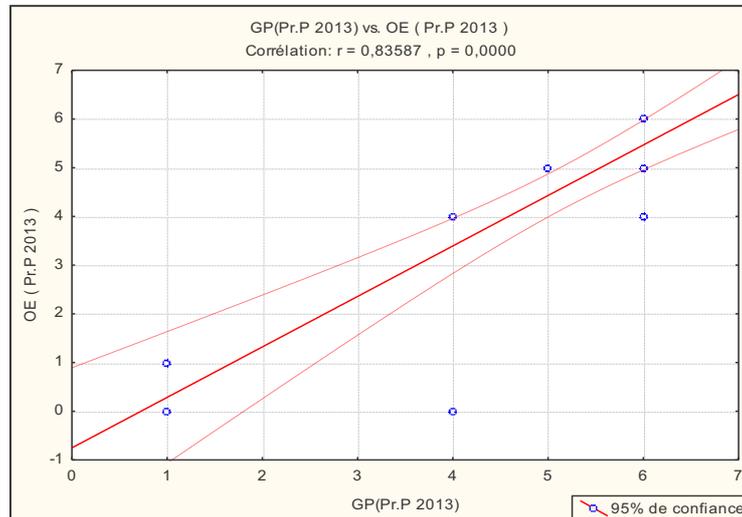


Figure 40 : Corrélation entre le nombre d'œufs éclos et les dates de ponte 2013

Il ya une différence significative entre les deux années ($t = 2,004$, $N = 117$ $p = 0,02$). (Figure 41)

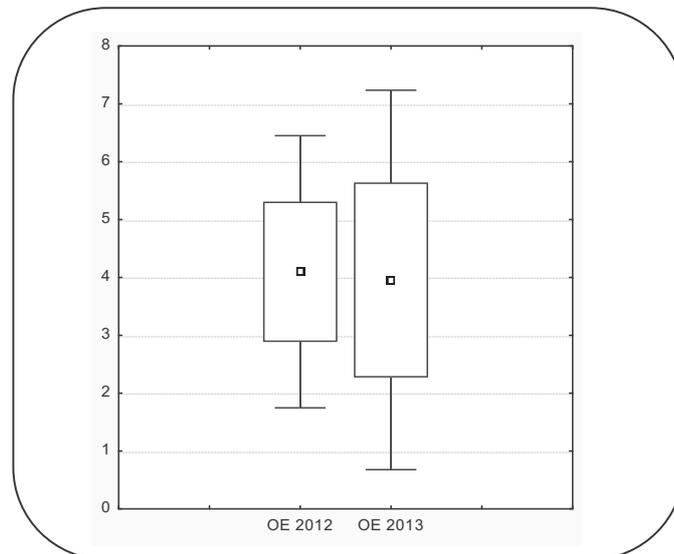


Figure 41 : Variation annuelle de nombre d'œufs éclos durant les deux saisons 2012 et 2013



1.6 Succès à l'éclosion

Le succès à l'éclosion durant l'année d'études 2012, varie entre 0 et 100 % avec une moyenne de 87.95 % pour la première et 85.58 % pour la seconde ponte

Le succès à l'éclosion durant l'année d'études 2013, varie entre 50 % et 100 % avec une moyenne de 85.50 % pour la première et 76.95 % pour la seconde ponte.

1.7 Jeunes à l'envol

Le nombre moyen des jeunes à l'envol durant la saison 2012 est de 4.29 par couple avec des limites de 0 à 6 pour la première ponte. En revanche pour la seconde ponte la moyenne est de 3.07 avec des limites de 1 à 5 oisillons.

Ce paramètre présente une corrélation positive et hautement significative avec la grandeur de ponte ($r = 0.88$, $N = 27$, $p = 0.000$) pour la première ponte, pour la seconde ponte, cette corrélation n'est pas significative. (Figure 42)

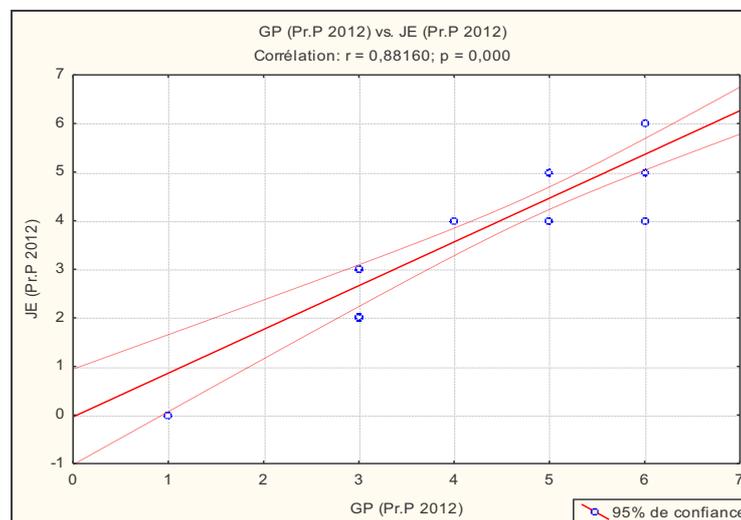


Figure 42 : Corrélation entre le nombre de jeunes envolés et la grandeur de ponte durant la première ponte 2012



Le nombre moyen de jeunes envolés pour la première ponte est très fortement corrélé au nombre d'œuf éclos ($r = 0.98$, $N = 27$, $p = 0.00$), il en est de même pour la seconde ponte ($r = 0.67$, $N = 14$, $p = 0.009$). (Figure 43, 44)

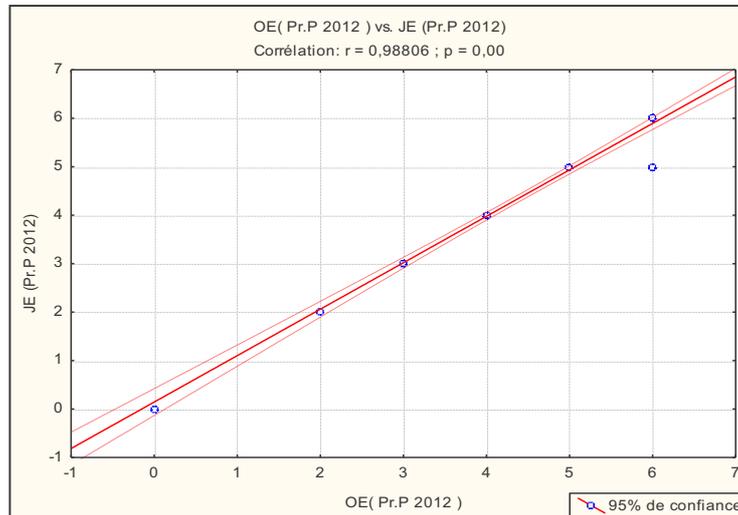


Figure 43: Corrélation entre le nombre de jeunes envolés et le nombre d'œufs éclos pour la première ponte 2012

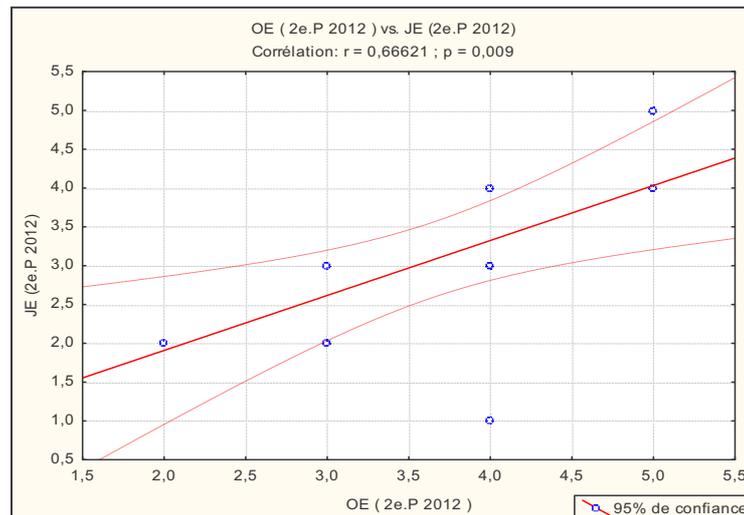


Figure 44 : Corrélation entre le nombre de jeune envolés et le nombre d'œufs éclos pour la seconde ponte 2012



Le nombre moyen de jeunes à l'envol durant la saison 2013 est de 3.47 par couple avec des limites de 0 à 6 pour la première ponte. En revanche pour la seconde ponte la moyenne est de 2.78 avec des limites de 0 à 5 oisillons.

Ce paramètre présente une corrélation positive et significative avec la grandeur de ponte ($r = 0.73$, $N = 23$, $p = 0.000$) (Figure 45)

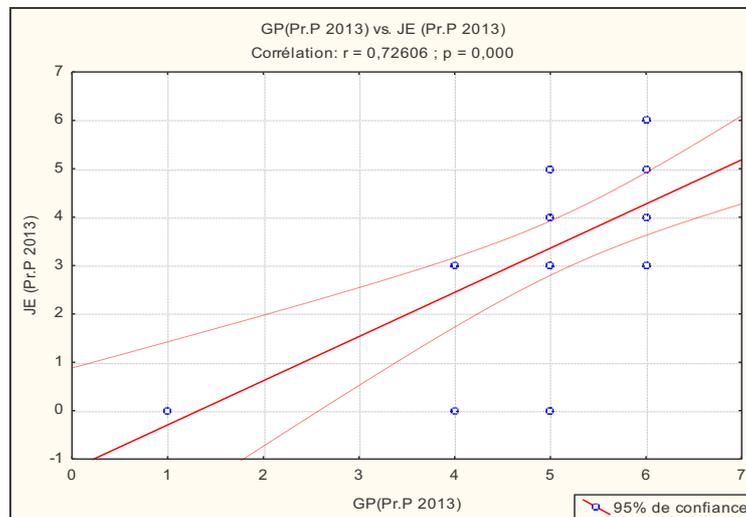


Figure 45: Corrélation entre le nombre de jeunes envolés et la grandeur de ponte durant la première ponte 2013

Pour la première ponte, pour la seconde ponte, cette corrélation aussi significative ($r = 0.49$, $N = 14$, $p = 0.017$). (Figure 46)

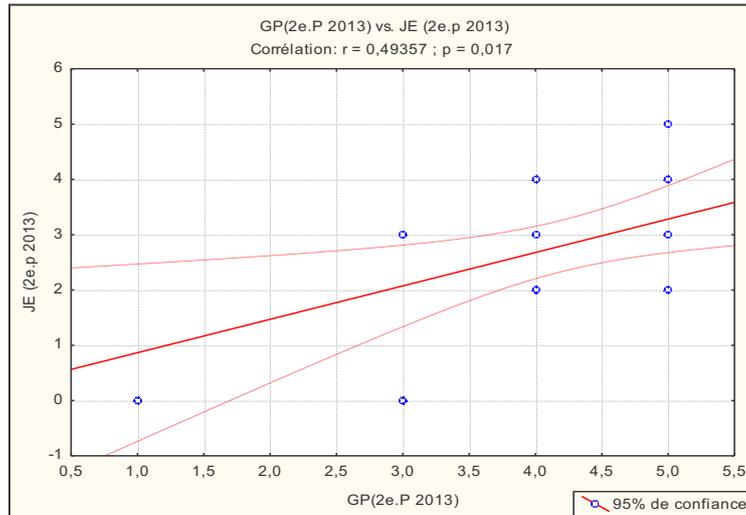


Figure 46: Corrélation entre le nombre de jeunes envolés et la grandeur de ponte durant la seconde ponte 2013

Le nombre moyen de jeunes envolés pour la première ponte est très fortement corrélé au nombre d'œuf éclos ($r = 0,78$, $N = 23$, $p = 0,000$) (Figure 47), il en est de même pour la seconde ponte ($r = 0,74$, $N = 23$, $p = 0,000$) (Figure 48)

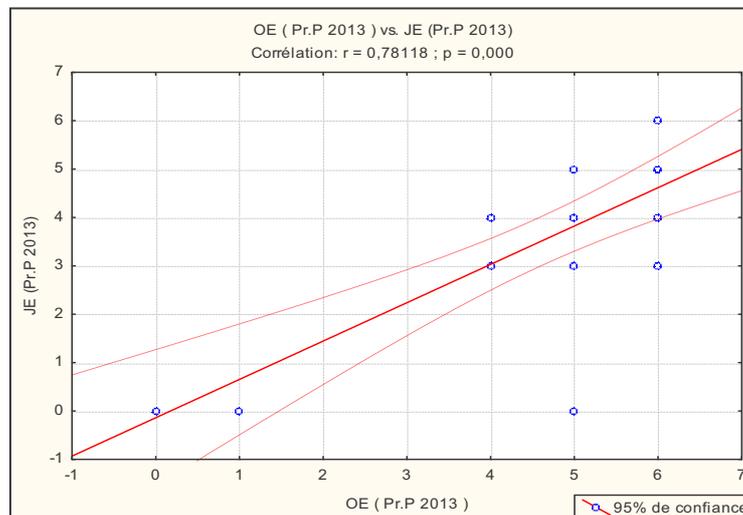


Figure 47 : Corrélation entre le nombre de jeune envolés et le nombre d'œufs éclos durant la première ponte 2013

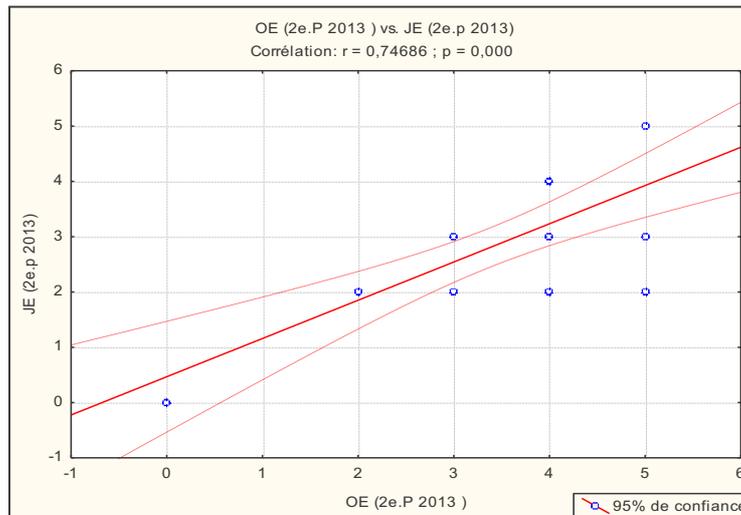


Figure 48 : Corrélation entre le nombre de jeune envolés et le nombre d'œufs éclos durant la seconde ponte 2013

Il y avait une différence significative dans le nombre de nouveau-nés (U-test = 775,50, $p < 0,0001$) entre couvées, mais pas entre les années (U-test = 1369,50, $P = 0,69$).

1.8 Succès à l'envol :

Le succès d'envol était 76,82% et 66,66% pour la première couvée en 2012 et 2013, respectivement, alors que c'était (65,35% et 64,22%) pour la deuxième couvée. Le nombre de jeunes à l'envol est significativement différentes entre les couvées (U-test = 817, $p = 0,0001$), mais pas entre les années (U-test = 1,237, $P = 0,21$).

Sur un total de 238 et 232 œufs, 51 (21,19%) et 45 (19,02%) n'ont pas éclos en 2012 et 2013, respectivement. ils étaient soit non fécondés ou contenaient des embryons morts. Ainsi, de 238 et 232 œufs pondus, 187 jeunes ont éclos dans les deux ans, la mortalité des poussins était de 55 (29,41%) et 65 (34,56%) en 2012 et 2013, respectivement.

La taille des couvées était positivement corrélée à la réussite et le succès d'envol en 2012 l'éclosion ($r = 0,686$, $N = 54$, $P < 0,0001$; $r = 0,659$, $N = 54$, $P < 0,0001$), respectivement, mais pas en 2013 ($r = 0,108$, $N = 53$, $P = 0,44$; $r = -0,049$, $N = 53$, $P = 0,72$).



1.9 La biométrie des œufs :

Un nombre total de 165 œufs provenant de (22 et 16 nids) ont été mesurés pendant les saisons de reproduction de 2012 et 2013, respectivement.

Quatre paramètres ont été calculés : le volume des œufs, l'indice de coquille, l'indice de forme et enfin la densité. (Tab. 10)

Tableau 10 : La biométrie des œufs

	2012		2013	
ponte 1 (moyenne ± SD)		Nbr d'œufs		Nbr d'œufs
Longueur (mm)	18,99 ± 0,85	77	19,2 ± 0,68	27
largeur (mm)	13,61 ± 0,54	77	13,68 ± 0,55	27
volume (cm³)	1,8 ± 0,18	77	1,83 ± 0,15	27
poids (g)	1,89 ± 0,21	77	1,90 ± 0,22	27
Indice de coquille (mm)	0,99 ± 0,12	77	0,99 ± 0,12	27
Indice de forme (mm)	0,71 ± 0,03	77	0,71 ± 0,04	27
Densité (cm³)	1,06 ± 0,16	77	1,04 ± 0,09	27
ponte 2 (Moyenne ± SD)				
Longueur (mm)	18,85 ± 1,16	17	19,57 ± 1,01	44
largeur (mm)	14,12 ± 0,45	17	13,69 ± 0,42	44
volume (cm³)	1,92 ± 0,19	17	1,87 ± 0,18	44
poids (g)	1,20 ± 0,1	17	1,77 ± 0,35	44
Indice de coquille (mm)	0,64 ± 0,04	17	0,91 ± 0,17	44
Indice de forme (mm)	0,75 ± 0,04	17	0,70 ± 0,03	44
Densité (cm³)	0,63 ± 0,06	17	0,94 ± 0,16	44
		Total = 94		Total = 71



La longueur d'œuf moyenne était plus importante en 2013 qu'en 2012 ($19,34 \pm 0,9$ mm et $18,97 \pm 0,91$ mm), respectivement, mais largeur moyenne d'œufs était similaire ($13,69 \pm 0,47$ et $13,70 \pm 0,55$ mm) en 2013 et 2012, respectivement.

Il n'y avait pas de différence significative au poids de l'œuf entre les années ($U = 3,228$, $P = 0,71$), mais il diffère significativement entre les couvées ($U = 1741,50$, $P < 0,0001$) (Figure 49).

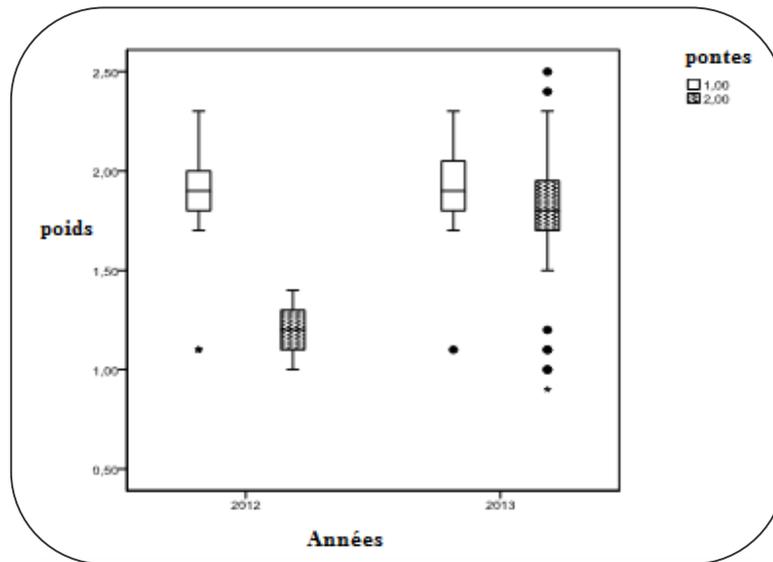


Figure 49: Le poids des œufs de l'*Hirondelle rustique* de la première et de deuxième ponte à Guelma, en Algérie en 2012 et 2013.

Volume de Egg était similaire entre les années ($U = 3,003$, $P = 0,27$), mais significativement différente entre les couvées ($U = 2,490$, $P = 0,02$) (Figure 50).

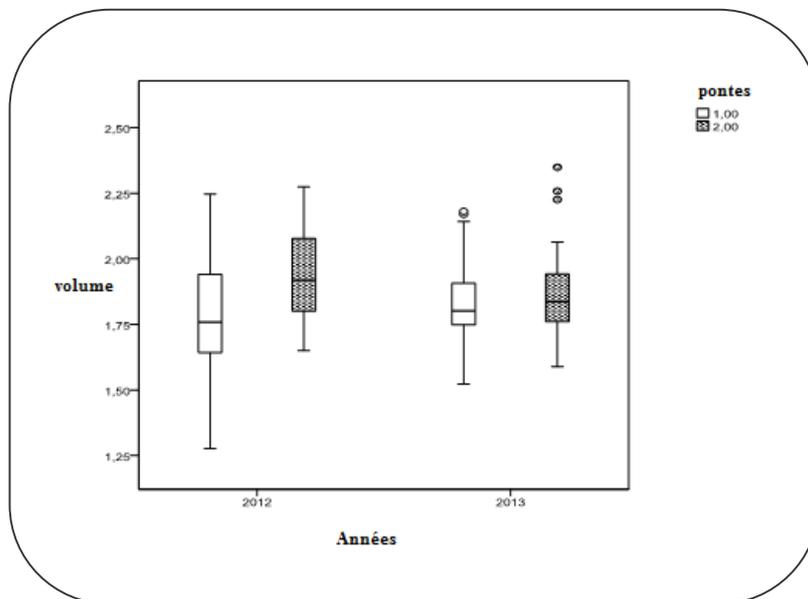


Figure 50. : Le volume des œufs de l'*Hirondelle rustique* de la première et de deuxième ponte à Guelma, en Algérie en 2012 et 2013



Tableau 11 : Les indices de la biométrie des œufs

ponté 1 vs ponté 2	2012		2013		2012 vs 2013	
	Student test	Nbr d'œufs	Student test	Nbr d'œufs	Student test	Nbr d'œufs
Indice de coquille (g/mm)	t=12.16 ; p=0.0000	94	t=2.27 ; p=0.02	71	t=-6,05 ; p=0.0000	165
Indice de forme (mm ²)	t=-3.48 ; p=0.007	94	NS	71	t= 2,95 ; p=0.003	165
Densité (g/cm³)	t=10.64 ; p=0.0000	94	t=2.72 ; p=0.008	71	NS	165

L'indice de forme et la densité de l'œuf sont significativement corrélés à la grandeur de ponté ($r = -0.45$; $n=165$; $p = 0.006$ et $r = 0.43$; $n=165$; $p = 0.07$) respectivement

L'indice de coquille varie entre les pontés et entre les années (les causes de cette variabilité sont interprétées dans la partie deux « effet des conditions climatiques et de l'application des insecticides »)



1.10 Discussion :

Les Hirondelles rustiques sont des oiseaux migrateurs qui traversent les continents et les déserts pour arriver au site natal de reproduction où elles présentent une fidélité non seulement pour leurs sites mais aussi pour les nids qui sont réutilisés pour plusieurs années (Møller, 1988)

Les Hirondelles sont limitées dans leur migration vers le nord par les conditions environnementales (arrivant plus tôt, lorsque le temps est plus chaud) (Huin *et al.*, 2010), De même la date d'arrivée aux sites de reproduction est influencée par le gradient latitudinal en raison de la distance importante à partir de sites du Nord par rapport aux aires d'hivernage (Sakraoui 2012).

La date d'arrivée influence la période de reproduction, l'élevage précoce devrait favoriser une saison de reproduction prolongée qui va permettre une plus longue période pour atteindre l'état de reproduction optimale ou pour tenter des couvées supplémentaires. La date d'arrivée et la date de ponte sont liées, ce qui reflète que cette espèce arrive plus tôt non pas pour obtenir le meilleur site de reproduction ; car elles sont très fidèles pour leurs nids qui sont dans la majorité des cas préexistants et réutilisés pour plusieurs années, mais pour accumuler de bonnes réserves et choisir le bon partenaire ce qui prédisait la qualité et la multiple tentative de reproduction dans la saison (Perrins, 1965 ; Møller, 1988 ; Kirkpatrick *et al.*, 1990 ; Dring *et al.*, 1992).

Certains oiseaux arrivent à leurs sites de nidification toujours plus tôt que les autres est cela est compatible avec l'idée de contrôle génétique de déplacement (Berthold, 1990)

Chez les Hirondelles rustiques il est signalé aussi que les individus les plus âgés ou qui ont plus d'expérience sont arrivés plus tôt que les jeunes et les mâles arrivant plus tôt que les femelles (Møller, 2004)

Dans cette étude il y a une différence dans la date d'arrivée qui est plus tôt en 2013 par 20 jours que 2012; et comme conséquence il y a eu un changement dans la saison de reproduction en 2012.



On sait que les Hirondelles rustiques commencent la ponte le mois de mars en Afrique du Nord (Turner, 1994). Nous avons enregistré le premier œuf pondu la dernière semaine d'avril en 2012 et la première semaine d'avril en 2013. La date de ponte était beaucoup plus tôt pour la première couvée en 2013. Les dates de pontes d'Hirondelles rustiques sont fortement variables en Afrique du Nord comme a été observé à Annaba (Sakraoui *et al.*, 2005). Plusieurs études ont montré que beaucoup de facteurs pourraient affecter la date de ponte à savoir l'âge de parents, la disponibilité alimentaire et les conditions physiques des femelles durant la saison (Klomp, 1970 ; Perrins, 1970 ; Milne, 1974 ; Sockman *et al.*, 2006).

Les individus qui sont arrivés premiers avaient une dépense énergétique quotidienne inférieure ou taux métabolique combiné avec une capacité à se nourrir de manière plus efficace, alors ce serait de leur permettre de tolérer des conditions environnementales défavorables ou imprévisibles au cours de la première partie de la saison. (Thompson 1992)

Les pressions sélectives imposent à chaque individu une date et une taille de ponte optimales. Cela se traduit à l'échelle de l'espèce par un créneau de ponte qui correspond à une période de l'année offrant les meilleures potentialités pour la survie de la couvée, ainsi qu'une taille moyenne "idéale" de ponte (Arnold, 1992 ; Ludvig *et al.*, 1995 ; Schoech, 1996 ; Korpimäki et Wiehn, 1998 ; Meijer et Drent 1999). Un certain degré de plasticité phénotypique permet cependant aux individus de s'affranchir pour une part de ces contraintes, et de mieux ajuster la reproduction aux ressources (Blondel *et al.*, 1999).

En Algérie, la date de ponte moyenne de la première couvée à Guelma en 2012 semblable à ceux de la deuxième couvée à Annaba en 2001 rapporté par Sakraoui (2005) et ce n'est postérieur que ceux rapportés à Bagdad par le M. Al-Rawy et George PV (1966). Cette différence est probablement causée par une différence dans des conditions climatiques entre Guelma, Annaba et Bagdad ou par l'arrivée tard des adultes au site de nidification cette année (2012).



Dans le nord-est de l'Algérie les Hirondelles rustiques préfèrent la périphérie des milieux urbains et sub urbain par rapport aux milieux ruraux ceci est aussi observé par Sakraoui *et al.*, (2005) contrairement à la plupart des aires de nidification qui présente une nidification dans là des étables et des fermes dans les milieux ruraux.

Le choix du site de ponte de nombreux vertébrés pourrait être influencé par la pression de la prédation (Hieber, 1984). Chez les oiseaux, il existe de nombreux types de stratégies prédatrices et parmi ceux-ci le camouflage et l'élevage dans les habitats les plus sûrs et les plus inaccessibles (Taylor, 1976; Collias et Collias 1984 ; Nilsson 1984). Les Hirondelles placent le nid près du plafond sur les murs, et la hauteur des nids dépend de la hauteur des bâtiments, semblables à de nombreuses autres études (Dolenec, 2002; Pikula 1987 ; Beklova 1987). La gamme de distribution verticale et la hauteur moyenne des nids observés à Guelma sont supérieures à ceux rapportés dans la littérature (Dolenec, 2002 ; Sakraoui *et al.*, 2005; Al-Rawy et George, 1966 ; Pikula 1987 ; Beklova 1987). La hauteur moyenne ne différait pas entre des années ou des couvées, semblable à celle d'Annaba en Algérie et cela s'explique par la stratégie de l'espèce de la réutilisation de vieux nids (Barclay, 1988 ; Shields, 1988) (Sakraoui *et al.*, 2005).

La majorité des nids occupés (61% et 71%) a été à des hauteurs allant de 8 à 12 m de hauteur, supérieures à celles de l'Écosse (41%), qui variait de 3 à 4,5 m (Mc Gin, Clark 1978).

Plusieurs études ont montré que chez les oiseaux, la grandeur de ponte varie avec les variations de saison (Coulson, 1963), la date de ponte (Colline, 1984), la disponibilité alimentaire (Boekelhdeide *et al.*, 1989), les conditions physiques des femelles (Horak *et al.*, 1995) et d'autres facteurs.

Un défi pour les écologistes ornithologues est, par conséquent, d'évaluer les facteurs qui imposent normalement une limite supérieure au succès de la reproduction.

Selon Turner (2006), les conditions météorologiques affectent la capacité des Hirondelles rustiques pour réaliser plus que deux pontes par saison. D'habitude les Hirondelles rustiques pondent deux couvées par an; une observation faite dans la présente étude, et à Annaba (Sakraoui *et al.*, 2005), En Irak (M. Al-Rawy et d'autres., 1966) et en la Pologne (Banbura *et al.*, 1998) . Cependant en Allemagne (Losk, 1989) il est enregistré trois couvées par an.



Des populations nord-africaines font face au problème de sécheresse pendant l'été et cela limite la production de plus que deux couvées par saison.

Nous avons constaté que la grandeur de ponte de la première couvée était semblable au cours des deux ans (4.87-4.88), valeur élevée que celle d'Annaba (4.60-4.85), la Pologne Centrale (4.86) (Banbura, 1998) et plus bas que la Burgenland (l'Autriche) (4.9) (Fally, 1989), tandis que, la grandeur de ponte moyenne dans la deuxième couvée dans les deux ans (4.14-4.03), était inférieure que l'Extremadura au sud-ouest de l'Espagne (4.52) (De Lope 1983), la Pologne Centrale (4.47) (Banbura *et al.*, 1998) et aux Adirondacks nord-est de New York (4.2) (Shields *et al.*, 1987).

Pendant la saison de la reproduction entière nous avons trouvé seulement un nid avec sept œufs comme en Croatie (Zdravko, 2002). Les facteurs saisonniers et les parasites influencent la taille de couvée; en fait, (Møller, 1990; 1994), a montré que l'ectoparasite peut affecter la taille de couvée et peut expliquer les petites couvées chez les oiseaux.

Le déclin saisonnier dans la grandeur de ponte présentée dans cette étude pendant les deux saisons reproductrices était semblable à ceux notés en Afrique du Nord et toutes les populations Paléarctique Occidental (Sakraoui *et al.*, 2005; McGinn *et al.*, 1978; Banbura., 1998).

Les couples précoces souvent pondent plus d'œufs que les couples tardifs (De Blum *et al.*, 2002 ; Sockman *et al.*, 2006), ce type de tendance est dépendant aux conditions de femelles, la qualité de territoires (Rowe *et al.*, 1994; Sockman *et al.*, 2006) et d'autres facteurs comme le temps d'arrivée d'oiseaux migrants aux sites de reproduction.

La durée et le déclenchement de l'incubation chez l'*Hirondelle rustique* sont assez paradoxaux. Cramp (1988) et Turner (1994) ont suggéré que les femelles entament l'incubation après la ponte du dernier œuf et que l'asynchronisme dans les éclosions résulterait d'une perturbation de la régulation thermique des œufs, en particulier la nuit. En revanche, Møller (1994) a montré que les femelles entament l'incubation systématiquement après la ponte du dernier ou de l'avant-dernier œuf.

L'asynchronisme dans l'éclosion est observé chez beaucoup d'oiseaux. C'est un moyen qui permet aux parents de restreindre leur effort quotidien d'approvisionnement des jeunes mais



en le prolongeant et ainsi, de s'assurer un succès reproducteur lorsque le milieu devient défavorable (Lack, 1954 ; Lack, 1947 ; Magrath, 1989, Amundsen et Slagsvold, 1991). En règle générale, l'éclosion des nichées est échelonnée sur un jour, mais elle peut s'étaler sur deux ou trois jours (Ribaut, 1982), ceci veut dire que le dernier n'est pas souvent sacrifié dès les premiers jours de son existence, surtout lorsque les conditions météorologiques sont défavorables (Ribaut, 1983). Lors de notre étude, le nombre d'œufs éclos pour la première ponte est plus important que celui observé dans d'autres régions de l'aire de nidification (Irak, Danemark) (Al-Rawy et Georg, 1966 ; Hemery *et al.*, 1979 ; Bańbura et Zieliński, 2000), mais il est relativement faible pour la seconde ponte.

Nos résultats confortent l'hypothèse selon laquelle le nombre d'œufs pondus correspond au maximum de poussins qu'un couple peut élever avec succès (Lack, 1947 ; Lack, 1948 ; Lack, 1954), puisqu'il y a une corrélation positive et significative entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos et entre le nombre d'œufs éclos et le nombre de jeunes à l'envol. Cette signification n'est pas très forte car des facteurs exogènes comme les changements climatiques, la prédation et le vandalisme sont les causes principales d'échec des couvées. L'effet de facteurs endogènes n'est pas à négliger puisque la stérilité des œufs et la mauvaise répartition de la chaleur durant l'incubation, peuvent réduire le succès reproducteur.

Les résultats suggèrent que le nombre de jeunes à l'envol ne présente pas de différence significative entre les deux pontes. Les valeurs observées pour la première ponte sont similaires à celles obtenues par Al-Rawy et Georg (1966) ; Hémerly *et al.*, 1979 ; Jarry, 1980 et Bańbura *et al.*, 1998. Pour la seconde ponte, elles sont relativement basses par rapport aux valeurs obtenues dans la majorité des régions d'étude. Le faible nombre de jeunes à l'envol surtout pour la deuxième ponte est dû probablement aux caractéristiques de notre région qui se trouve au sud de l'aire de nidification de l'espèce ; ce qui engendre des conditions de nidification plus difficiles.

Chez les populations d'Hirondelles qui nichent en Algérie la première ponte produite 69.84% de jeunes et la seconde 71.85% de jeunes susceptibles d'être recrutés l'année suivante. Cette production est pour les deux pontes de 91% et de 97% pour les populations étudiées par Ribaut (1983). Le succès à la reproduction et à l'envol sont dans plusieurs études



systématiquement plus élevés pour la seconde ponte (Jarry, 1980 ; Ribaut, 1983) ce qui n'est pas le cas dans notre étude. Les valeurs sont plus importantes en Europe, car les conditions climatiques sont plus favorables en juillet et août (Ribaut, 1983).

La taille des œufs est une des composantes importantes de l'effort parental chez les oiseaux. Les grands œufs peuvent améliorer la progéniture et augmentent la probabilité de survie (Anderson *et al.*, 2002; Rutkowska *et al.*, 2005). Pour certaines études (Ward, 1992) la qualité des œufs des Hirondelles était corrélée positivement avec l'abondance des insectes, la température et négativement avec les précipitations pendant la formation de l'albumen ce qui indique que les œufs sont principalement formés à partir de la ration alimentaire quotidienne et non pas de réserves précédemment accumulées. Cependant selon la même étude la relation entre la taille d'embryonage avec des facteurs environnementaux, était généralement faible et incohérente.

Nous avons trouvé une similitude dans la taille des œufs, le volume et le poids avec d'autres études en Europe et en Afrique du Nord (Niethammer, 1937; Verheyen, 1967 ; Cramp *et al.*, 1988 ; Doleneç, 2002 ; Sakraoui *et al.*, 2005), ce qui suggère qu'il y n'a pas de répartition géographique claire. La différence de volume des œufs et de poids entre les couvées dans les deux ans pourrait donc être expliquée par la disponibilité de la nourriture (Boekelheide, 1989), les variations saisonnières (Coulson, 1963), et la variation de la taille des femelles (Schrader et Travis, 2009) ont montré que les grandes femelles pondent de gros œufs qui permettent une meilleure survie pour les poussins.



2. Facteurs affectant la reproduction : condition climatiques journalière et application des insecticides.

2.1 Conditions climatiques :

L'analyse des régressions simples permettant de tester, en chaque période phénologique, les relations entre les trois paramètres météorologiques (température moyenne, précipitations cumulées et vitesse moyenne des vents des maxima journaliers) de Guelma, Algérie, 2012-2013.

Le tableau suivant montre cette relation. (Tab.12)

Tableau 12 : La relation entre les différents paramètres climatiques durant les périodes phénologiques étudiées

		Précipitation	Vitesse des vents	Date Julian
Période de ponte (n = 87)	Température	-0,701**	-0,130	0,905**
	Précipitation		-0,122	-0,641**
	Vitesse des vents			0,050
Période d'incubation (n = 86)	Température	-0.622**	0,399	0,933**
	Précipitation		-0,742**	-0,656**
	Vitesse des vents			0,492*
Période totale de la reproduction (n = 86)	Température	-0,687**	-0,454**	0,922**
	Précipitation		0,120	-0,627**
	Vitesse des vents			-0,437**



La température augmente au cours de la saison, la précipitation est influencée par l'augmentation de la température et diminue au cours des trois périodes phénologiques tandis que la vitesse de vent est variable au cours de la saison.

Les résultats des analyses de la variance (ANOVA) permettant de tester, pour chaque période phénologique, les relations entre les variables quantitatives continues (température moyenne, précipitations cumulées, vitesse moyenne des vents des maxima journaliers et date Julian) et les variables qualitatives (année et ordre de la ponte) sont dans le tableau suivant (Tab. 13)

Tableau 13 : La variation des conditions climatiques ont fonction de l'année et l'ordre de ponte

		Année	Ordre de la ponte
Période de ponte (n = 87)	Température	$F = -2,009 ; p = 0,049$	$F = 11,820 ; p < 0,001$
	Précipitation	$F = -2,448 ; p = 0,016$	$F = -7,476 ; p < 0,001$
	Vitesse des vents	$F = 0,737 ; p = 0,463$	$F = 1,680 ; p = 0,096$
	Date	$F = -0,890 ; p = 0,376$	$F = 20,290 ; p < 0,001$
Période d'incubation (n = 86)	Température	$F = -2,667 ; p = 0,009$	$F = 13,48 ; p < 0,001$
	Précipitation	$F = 5,341 ; p < 0,001$	$F = -5,544 ; p < 0,001$
	Vitesse des vents	$F = -3,518 ; p < 0,001$	$F = 4,046 ; p < 0,001$
	Date	$F = -0,845 ; p = 0,369$	$F = 20,45 ; p < 0,001$
Période totale de la reproduction (n = 86)	Température	$F = 12,050 ; p < 0,001$	$F = 10,380 ; p < 0,001$
	Précipitation	$F = 6,815 ; p < 0,001$	$F = -4,971 ; p < 0,001$
	Vitesse des vents	$F = -0,630 ; p = 0,530$	$F = -5,349 ; p < 0,001$
	Date	$F = -0,766 ; p = 0,446$	$F = 21,020 ; p < 0,001$



D'une manière générale, les conditions climatiques n'ont pas clairement affecté les paramètres de reproduction de cette population urbaine d'Hirondelles rustiques. En effet, bien que des effets significatifs ont été relevés en effectuant de simples régressions deux à deux (Tab. 14), hiérarchisant les effets des différentes variables explicatives, montre que d'autres facteurs sont, en toute phase, nettement plus forts.

Ainsi, l'effet date Julian a été le plus fort sur le nombre d'œufs pondus ($\Sigma AIC_w = 0,60$) et le nombre d'œufs éclos ($\Sigma AIC_{\text{date Julian}} = 0,73$). Ce dernier est aussi influencé par l'ordre de ponte ($\Sigma AIC_{\text{ordre de ponte}} = 0,20$). Concernant le nombre de poussins envolés par nid, les effets année et ordre de ponte ont été les plus forts ($\Sigma AIC_{\text{année}} = 0,63$; $\Sigma AIC_{\text{ordre de ponte}} = 0,67$), suivis par l'effet date Julian ($\Sigma AIC_{\text{date Julian}} = 0,21$). (Tab.15)

Tableau 14 : Analyse des régressions simples permettant de tester les relations entre les variables climatiques et les paramètres de reproduction de l'*Hirondelle rustique* (*Hirundo rustica*) dans le complexe résidentiel "le course" à Guelma, Algérie, 2012-2013.

	Variables climatiques		
	Température	Précipitation	Vitesse des vents
Nombre d'œufs pondus	$t = -3,168 ; p = 0,002$	$t = 1,923 ; p = 0,057$	$t = 1,364 ; p = 0,176$
Nombre d'œufs éclos	$t = -2,939 ; p = 0,007$	$t = 2,572 ; p = 0,014$	$t = -2,811 ; p = 0,009$
Nombre de poussins envolés	$t = -1,141 ; p = 0,256$	$t = 0,001 ; p = 0,992$	$t = 0,117 ; p = 0,907$



Tableau 15. Résultats de la sélection de modèles comparant les analyses de la covariance (ANCOVA) qui testent, pour chaque période phénologique, les relations entre les paramètres de reproduction de l'*Hirondelle rustique* (*Hirundo rustica*) et les variables étudiées.

Modèles	K	AIC _c	ΔAIC _c	AIC _w
Nombre d'œufs pondus/nid				
Date + vent	3	275,97	0,00	0,29
Date	2	276,74	0,77	0,20
Année : température	4	277,50	1,53	0,13
Année + date	3	278,66	2,69	0,07
Ordre de la ponte + vent	3	278,97	3,00	0,06
Température	2	279,42	3,45	0,05
Année : date	4	279,91	3,94	0,04
Vent + température	3	280,34	4,37	0,03
Année + ordre de la ponte + vent	4	280,77	4,80	0,03
Ordre de ponte : vent	4	280,87	4,90	0,02
Null	1	287,13	11,16	0,00
Nombre d'œufs éclos/nid				
Date	2	266,11	0	0,40
Année + date	3	267,42	1,31	0,21
Ordre de la ponte	2	267,50	1,39	0,20
Année : date	4	268,39	2,28	0,13
Température	2	271,09	4,98	0,03
Vent	2	271,74	5,63	0,02
Précipitation	2	272,95	6,84	0,01
Null	1	277,47	11,36	0,00
Année	2	279,24	13,13	0,00
Productivité globale				
Année + ordre de la ponte	3	275,46	0	0,34
Année : ordre de la ponte	4	275,99	0,53	0,26
Année + date	3	276,86	1,4	0,17
Année : date	4	277,51	2,05	0,12
Ponte	2	279,26	3,8	0,05
Ponte + vent	3	281,25	5,79	0,02
Ponte : vent	4	282,02	6,56	0,01
Année	2	283,24	7,78	0,01
Date	2	284,62	9,16	0,00
Date + vent	3	286,59	11,13	0,00
Null	1	289,95	14,49	0,00



Ainsi, au fur et à mesure que l'on progresse dans la saison de reproduction, une diminution significative du nombre d'œufs pondus (ANCOVA : $\beta = -0,016 \pm 0,004$; $t = -3,61$; $p = 0,0005$) (Fig. 51a), du nombre d'œufs éclos (ANCOVA : $\beta = -0,016 \pm 0,004$; $t = -3,76$; $p = 0,0003$) (Fig. 51b₁) et du nombre de poussins envolés (ANCOVA : $\beta = -0,012 \pm 0,004$; $t = -2,53$; $p = 0,0132$) (Fig. 51c₁) est enregistrée. Le nombre d'œufs éclos a subi une nette diminution en seconde ponte par rapport à la première (ANCOVA : $\beta = -0,845 \pm 0,238$; $t = -3,54$; $p = 0,0003$) (Fig. 51b₂) au même titre que le nombre de poussins envolés (ANCOVA : $\beta = -0,892 \pm 0,255$; $t = -3,49$; $p = 0,0007$) (Fig. 51c₂). Le nombre de poussins envolés par nid a nettement diminué en 2013 par rapport à 2012 (ANCOVA : $\beta = -0,725 \pm 0,258$; $t = -2,80$; $p = 0,0062$) (Fig. 51c₃).

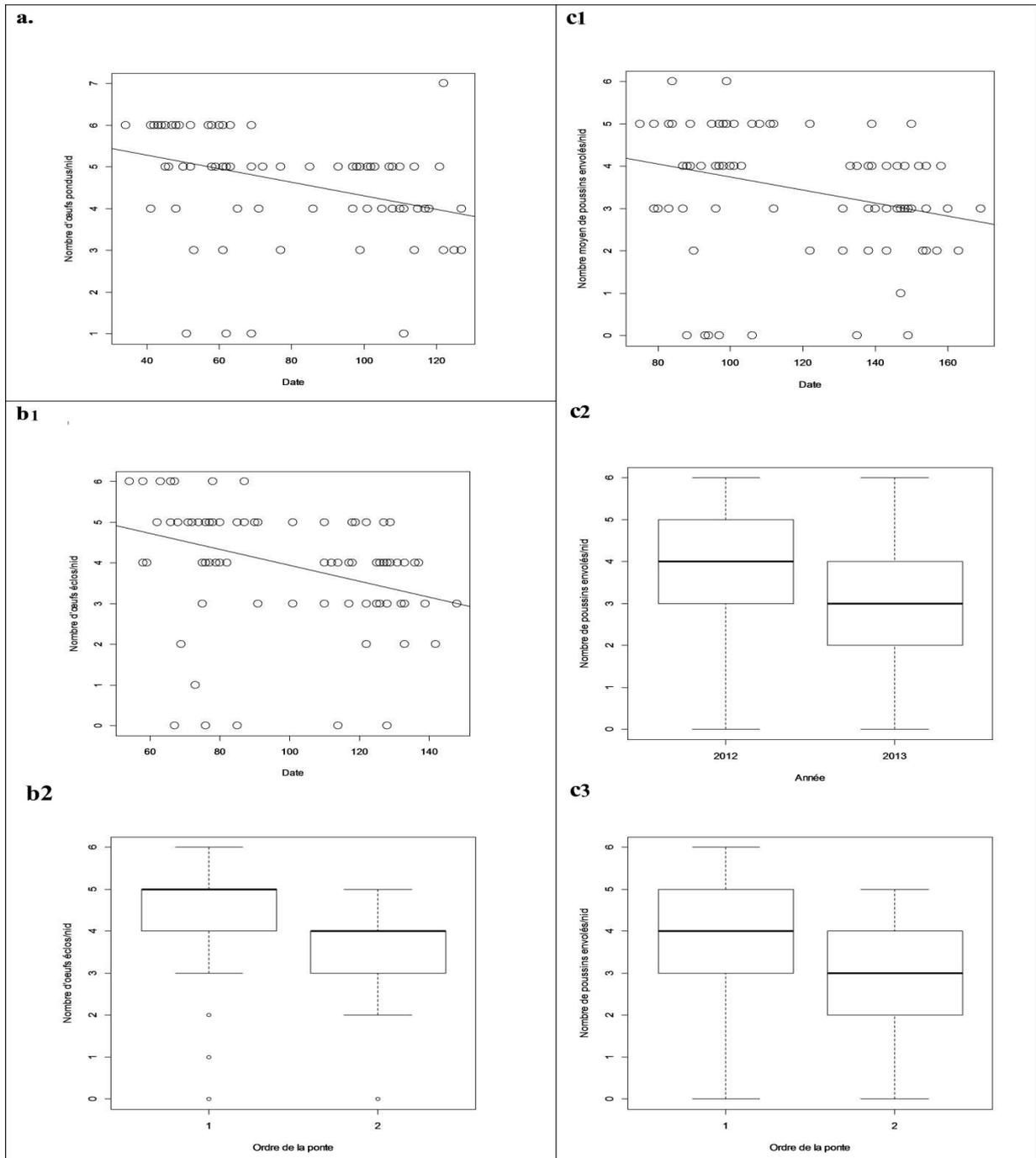


Figure 51 : Effets de la date, l'ordre de ponte et l'année sur la reproduction des Hirondelles



2.2 TRAITEMENT AUX INSECTICIDES

À Guelma, le traitement insecticide effectué dans les bâtiments résidentiels a impacté négativement sur le nombre d'œufs pondus par nid [avant ($5,21 \pm 0,21$) *versus* après ($4,35 \pm 0,17$); GLM : $F_{1,83} = 9,505, p = 0,003$]. Cet effet n'a pas connu de variation notable au cours des deux années de suivi [GLM : année*traitement : $F_{1,83} = 2,428, p = 0,123$]. En 2012, le nombre d'œufs éclos par nid n'a pas subi de variation notable après l'application des insecticides [avant ($4,38 \pm 0,23$) *versus* après ($3,92 \pm 0,26$); ANOVA : $F_{1,39} = 1,417, p = 0,241$], alors que le nombre de poussins envolés par nid a subi une nette diminution [avant ($4,41 \pm 0,22$) *versus* après ($3,50 \pm 0,28$); ANOVA : $F_{1,39} = 5,551, p = 0,024$].

**Tableau 16** : L'indice de coquille avant et après l'utilisation des insecticides

	2012		2013		2012 vs 2013	
avant l'application						
vs après	Student test	Nbr d'œufs	Student test	Nbr d'œufs	Student test	Nbr d'œufs
l'application						
Indice de coquille						
(mm)	t=12.16 ; p=0.0000	94	t=2.27 ; p=0.02	71	t=-6,05 ; p=0.0000	165

La différence entre l'indice de coquilles est fortement liée à l'application des insecticides de point où les œufs pondus après l'utilisation des insecticides sont plus fragiles que ceux qui sont pondus avant l'application (Tab.16).

La différence entre l'indice de coquilles est la même entre pontes (voire partie 1 « la biologie de la reproduction ») et entre années est susceptible d'être due à ces insecticides aussi.



2.3. DISCUSSION

Contrairement à nos prédictions, les paramètres de reproduction de la population d'Hirondelles rustiques de Guelma n'ont pas été clairement affectés au cours des années 2012 et 2013 par les conditions climatiques, notamment la température, les précipitations et la vitesse du vent. En effet, au cours des années 2012 et 2013, nous n'avons pas noté d'événement météorologique défavorable à même d'affecter le succès de reproduction comme l'ont souligné (Zwarts *et al.*, 2012). La nature de l'habitat de nidification, en totalité située à l'intérieur des bâtiments résidentiels, pourrait être à l'origine de ce constat. Ce type d'habitat procurerait certainement une meilleure protection des nids. Par ailleurs, l'application des insecticides a clairement impacté négativement sur le nombre d'œufs pondus et la productivité totale des couples d'Hirondelles rustiques.

À Guelma, tous les paramètres de reproduction étudiés ont subi une diminution au fil de la progression de la saison. Cela a été aussi le cas pour les populations d'Annaba (Nord-Est d'Algérie) (Sakraoui *et al.*, 2005), du Sud-Ouest de l'Ecosse (McGinn et Clark, 1978) et d'Allemagne (Vietinghoff-Riesch, 1955). La tendance à la baisse de la taille de ponte est bien typique pour toutes les populations de l'Ouest du Paléarctique (Löhr et Gutscher, 1973 ; McGinn et Clark, 1978 ; Kondelka, 1985 ; Banbura, 1986 ; Cramp, 1988 ; Loske, 1989 ; Thompson, 1992 ; Banbura et Zielinski, 1998). Chez les oiseaux, la littérature a souvent attribué cette diminution à une détérioration progressive des ressources alimentaires (Askenmo, 1982 ; Newton et Marquiss, 1984 ; Winkler *et al.*, 1996) et à une différence qualitative des individus et/ou des territoires (Tortosa *et al.*, 2003) : les couples en meilleures conditions pondent précocement plus d'œufs que ceux en mauvaises conditions et en mauvais territoires.

Les similarités avec la population d'Hirondelles rustiques d'Annaba (Sakraoui *et al.*, 2005) ont aussi concerné la baisse, entre la première et la seconde ponte, du nombre d'œufs éclos et de la productivité globale. Ce cas de figure a été aussi enregistré en Ecosse par Thompson (1992) et Ward (1992), aux USA par Brown et Brown (1999), en Italie par Ambrosini *et al.*,



(2006) et très récemment en Slovaquie par Országhová (2013). La présente étude a aussi montré que le nombre de facteurs agissant sur les paramètres de reproduction des Hironnelles rustiques de Guelma a augmenté en passant d'un pour la taille initiale de ponte ("date"), à deux pour le nombre d'œufs éclos ("date" ; "ordre de ponte"), puis à trois pour la productivité globale ("date" ; "ordre de ponte" ; "année"). Bien que la variabilité annuelle de la réussite des nids soit un fait commun en Algérie (Sakraoui *et al.*, 2005), il n'en demeure pas moins qu'au cours de la période d'étude (2012 et 2013), sa manifestation exclusive au seul stade du succès total de la reproduction reste assez particulière. Il est probable que le prolongement de l'application des insecticides dans l'espace interne des bâtiments résidentiels de Guelma en 2013 par rapport à 2012 est à l'origine de cette variation. Les conditions locales sont donc à l'origine de la variation annuelle enregistrée comme cela fut aussi annoncé par Ribault (1983). L'effet du traitement insecticide semble sous-jacent à celui de l'année. L'application des insecticides serait d'autant plus préjudiciable pour les poussins que les parents sont en quête de nourriture (champs de culture limitrophes). En Espagne, Cabello de Alba (2002) a aussi soulevé l'effet de l'application d'un traitement aérien massif à *Bacillus thuringiensis* sur la diminution du succès de reproduction chez cette espèce. Dans leur synthèse en relation avec la stratégie de rétablissement des populations d'Hironnelles rustiques en Ontario, Heagy *et al.*, (2014) ont aussi mis l'accent sur les effets néfastes, voire dévastateurs, des contaminants de l'environnement, des pesticides et de la pollution sur la reproduction et la survie de ce passereau.

Contrairement à nos résultats, des études antérieures ont signalé une diminution significative des paramètres de reproduction étudiées entre la première et la seconde ponte (Sakraoui *et al.*, 2005 ; Turner et Kopachena, 2009 ; Zduniak *et al.*, 2011), une différence annuelle significative de la taille moyenne de ponte et du nombre d'œufs éclos (Sakraoui *et al.*, 2005) et une variation spatiale de la survie des nids (Zduniak *et al.*, 2011). Comme tout organisme vivant (McCarty et Winkler, 1999), les performances de reproduction de l'*Hirondelle rustique* peuvent varier selon la localité, l'année et la saison. Ils peuvent aussi s'améliorer ou diminuer selon l'intensité des facteurs biotiques et/ou abiotiques entrants en jeu. Le schéma de variation attesté à Guelma, en 2012 et 2013, peut ne pas être d'actualité dans les années à venir. Si Ambrosini *et al.*, (2006) sont convaincus que les parents Hironnelles rustiques du Nord de l'Italie avaient des décisions complexes à prendre quant au choix du moment optimal de la



reproduction et du micro-habitat, nous sommes aussi convaincus que ceux de Guelma ont des décisions complexes à prendre pour optimiser la réussite de leur reproduction. En effet, ces derniers doivent faire face à une grande pression anthropique et, fort probablement, à une raréfaction des ressources alimentaires en fin de saison de reproduction (Hart *et al.*, 2006).

Dans l'immédiat, et dans un but de protection, il est impératif de sensibiliser les services communaux quant aux effets néfastes de ces traitements sur le succès de reproduction de cette population. Envisager un traitement larvaire des insectes par un produit ne présentant pas un large spectre d'activité durant les trois mois précédant la reproduction (de janvier à mars), nous semble très opportun pour d'une part atténuer l'effet des activités anthropiques et d'autre part soulager l'espèce durant sa phase de reproduction.



3. Microbiologie

3.1 Microbiologie cloacale :

Notre investigation confirme une diversité microbienne assez importante que ça soit du point de vue quantitatif ou qualitatif dans le cloaque des oisillons des Hirondelles rustiques *Hirundo rustica rustica* nicheuses dans la ville de Guelma.

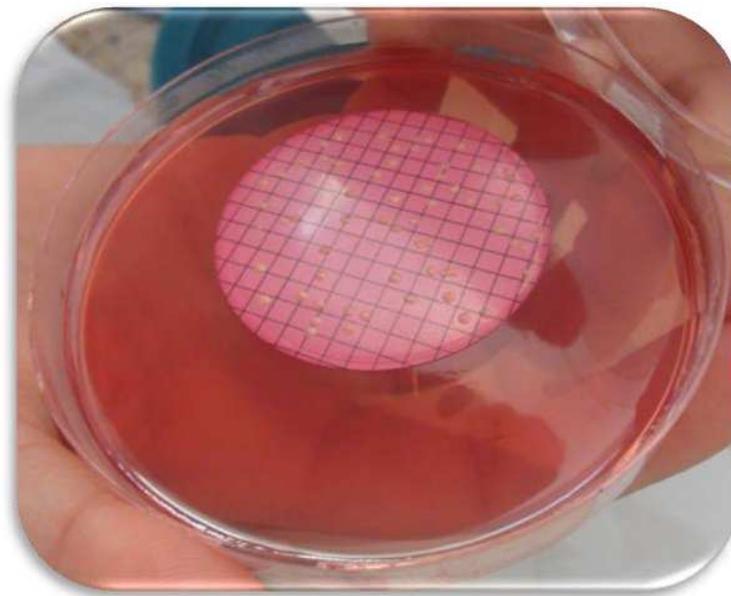


Figure 52 : Les colonies dénombrées sur la membrane de nitrocellulose

Le test Chi-deux a montré une différence des effectifs des microorganismes dénombrés très hautement significatifs (Friedman's teste $X^2= 45,48736$; ddl = 10 ; p 0,00003) entre les oisillons. De ce fait, les oisillons présentent une flore microbienne plus ou moins individualisée que ce soit pour les oisillons du même nid ou des nids différents.

Pratiquement, tous les genres microbiens recherchés ont été isolés et identifiés dans plus de 60% des échantillons explorés, avec l'absence totale dans tous les prélèvements des *Clostridium* (bactéries anaérobies sulfato-réductrices « ASR ») (Figure 53), et ce depuis la naissance des oisillons jusqu'à leurs vols (Tab.17).



Figure 53 : L'absence des bactéries anaérobies sulfato-réducteurices « ASR »

Tableau 17 : Principaux microorganismes isolés des cloaques des oisillons des Hironnelles rustiques *Hirundo rustica rustica*

Microorganismes détectés	Pourcentages des prélèvements positifs	Moyenne ± écart type
Bactéries aérobies	80%	4,21±1,84
<i>LactoBacillus spp</i>	66,67 %	3,94±3,11
Bactéries à Gram négatives	80 %	4,39±2,08
Bactéries à Gram positives	73,33 %	5,24±1,19
<i>Staphylococcus spp</i>	93.33 %	3,60±1,21
Levures et champignons	66,66 %	2,83±2,29
<i>Clostridium spp</i>	0 %	0±0

Les cocci à Gram positifs présente la famille la plus abondante qui sont composés principalement de Streptocoques fécaux (du groupe D) avec une moyenne de 5.24 (log(n+1)UFC/ml) et un pourcentage de plus de 93.33% des échantillons positifs y compris les staphylocoques . Puis les bacilles à Gram négatif avec 4.21 (log(n+1)UFC/ml) et un pourcentage



d'apparition de 80 %, ces bacilles appartenant à la famille des Enterobactériacées dont les coliformes représentent la part primordiale, soit, *E. coli* (l'espèce la plus fréquente).

Les lactobacilles considérés comme la principale barrière de protection des muqueuses intestinale ont été identifiés dans 66.67% des échantillons. De même que pour les levures qui sont présentes avec la même fréquence.

Dans chaque groupe d'âge la flore cloacale est très diversifié et équilibré au même temps (Tab. 18) le groupe d'âge le plus diversifié c'est le cloaque des oisillons à l'âge de 15 jours.

Tableau 18: Le calcul des indices écologiques pour les trois groupes d'âge (5, 10, 15 jours)

Groupe d'âge des oisillons	Richesse spécifique des microorganismes	L'indice de Shannon	Equitabilité
5 jours	8	2.815	0.938
10 jours	9	2.901	0.915
15 jours	10	3.134	0.944

L'indice de Shannon présente une flore équilibrée dans le cloaque des trois groupes d'âge, les genres microbiens sont présents par des fréquences très proches, le groupe le plus diversifier et le plus équilibré c'est le groupe de 15 jours et cela présente une maturité intestinale juste avant l'envol des oisillons.

L'analyse univariée a montré que deux variables dépendent de l'âge :

1. les CGP (cocci a Gram positif) ;(F 1,10= 4.400 ; p = 0.035)
2. les lactobacilles (transformation en $\log(X+1)$ pour les besoins du traitement). ; (F 1,10= 6.671 ; p = 0.011)

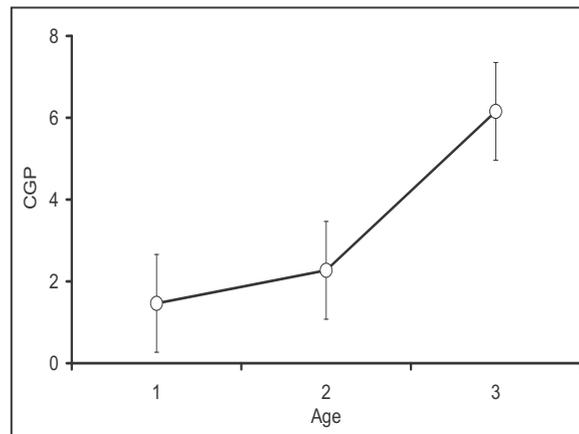


Figure 54 : L'installation des CGP dans le cloaque selon l'âge

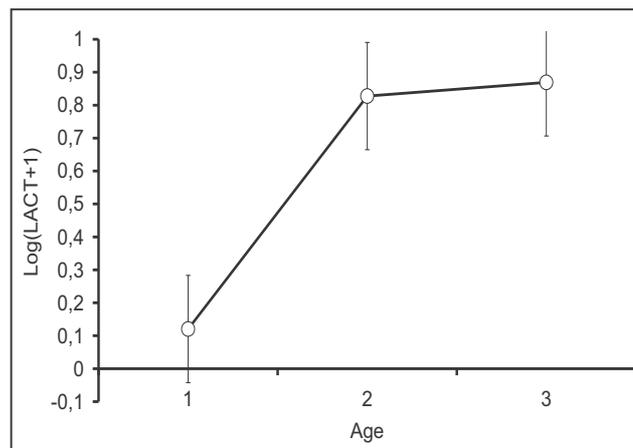


Figure 55 : L'installation des lactobacilles dans le cloaque selon l'âge

Pour les CGP, le test post-hoc (Student-Newman-Keuls) a montré que les poussins de la classe d'âge "3" voir l'âge de 15 jours qui sont les plus affectés (voir figure 54), alors que pour les lactobacilles ce sont surtout les poussins du deuxième et le troisième âge (10 et 15 jours) qui l'ont été (figure 55).



3.2 La microbiologie des fientes :

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

- **Les *Bacillus* :**

Les échantillons positifs présentent une hydrolyse de l'amidon (Figure 56) une purification de ces souches est primordiale pour obtenir une bonne coloration de Gram (Figure 57)



Figure 56: Test du lugol est positif (hydrolyse de l'amidon par l'enzyme α -amylase)

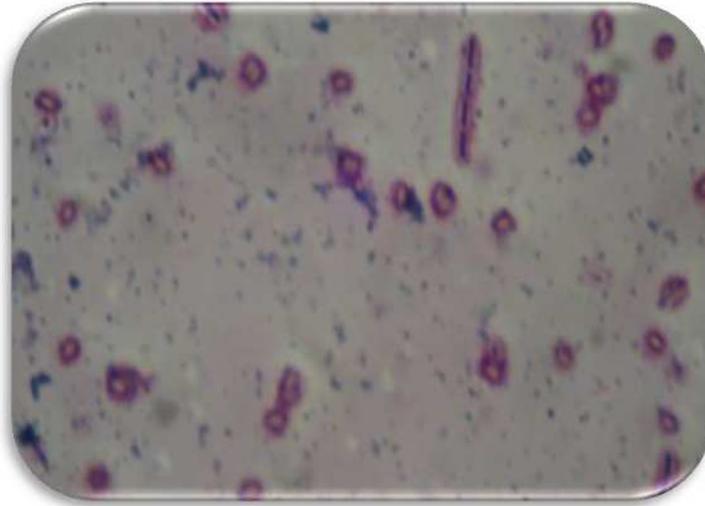


Figure 57 : La présence de l'espèce *Bacillus anthracis* (groupe 1) est probable

Les *Bacillus* occupent 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 : il 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) (Figure 58).

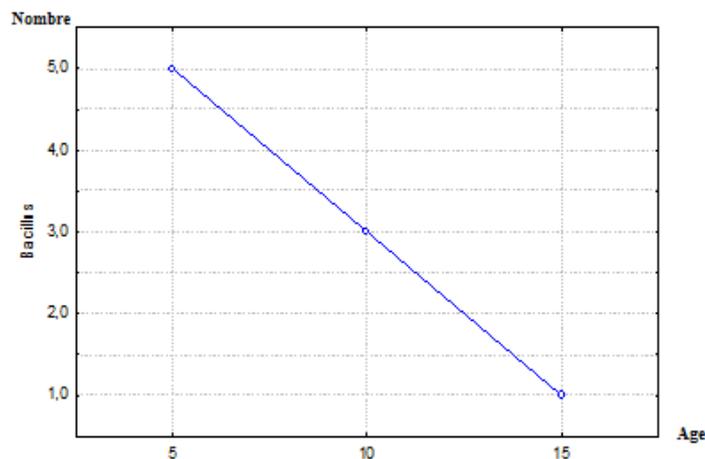


Figure 58 : La variation du nombre de *Bacillus* selon l'âge.



A 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 58)

- *Pseudomonas aeruginosa*

Les souches des *Pseudomonas* isolés présentent une pigmentation bleu-vert de pyocyanine (Figure 59) qui est confirmée par le king A et B et l'api NE (Figure 60).

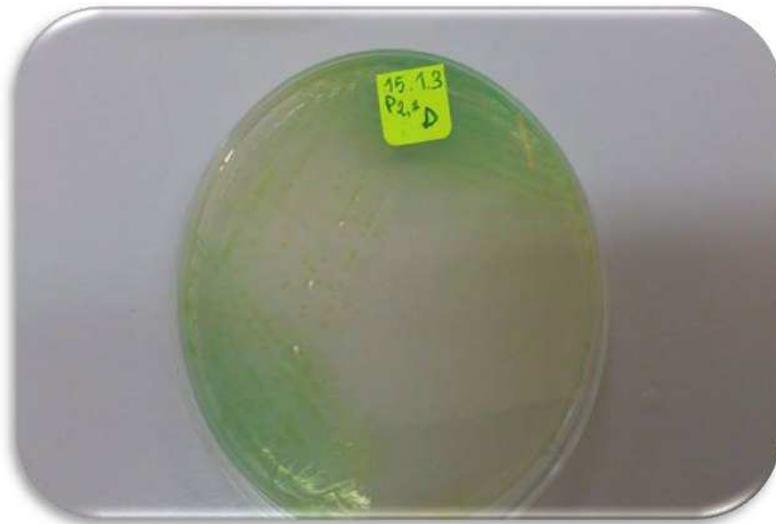


Figure 59 : Colonies pigmentées en bleu-vert des *Pseudomonas* (pyocyanine)



Figure 60: Identification biochimique du *Pseudomonas aerogenosa*

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 aerogenosa* 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. La répartition du nombre *Pseudomonas aerogenosa* selon l'âge est figurée ci-dessous (Figure 61)

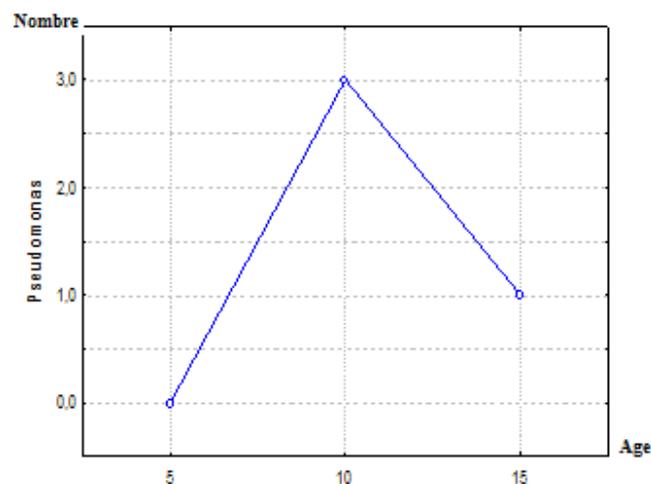


Figure 61: La variation du nombre de *Pseudomonas aerogenosa* selon l'âge.

- **Salmonella :**

L'indentification des colonies des Salmonelles (Figure 62) est montré dans la figure de l'Api 20 E (Figure 63)

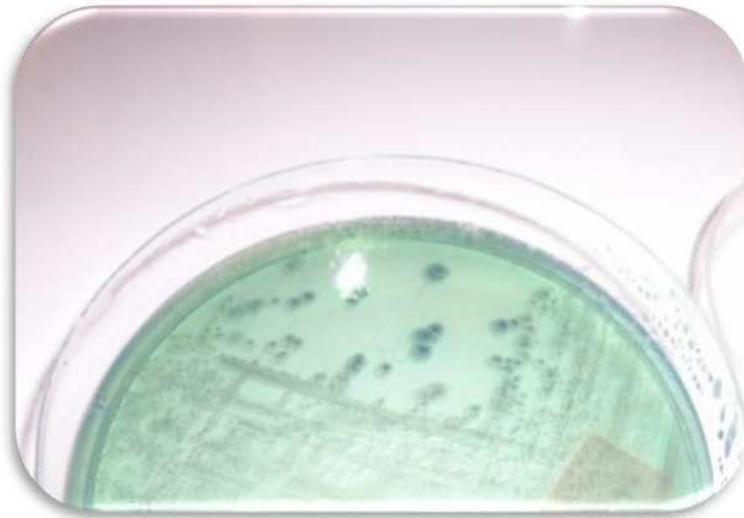


Figure 62: Colonies des *Salmonella* spp



Figure 63 : l'identification biochimique de la *Salmonella* spp

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). La figure suivante montre la présence des Salmonelles selon l'âge (Figure 64)

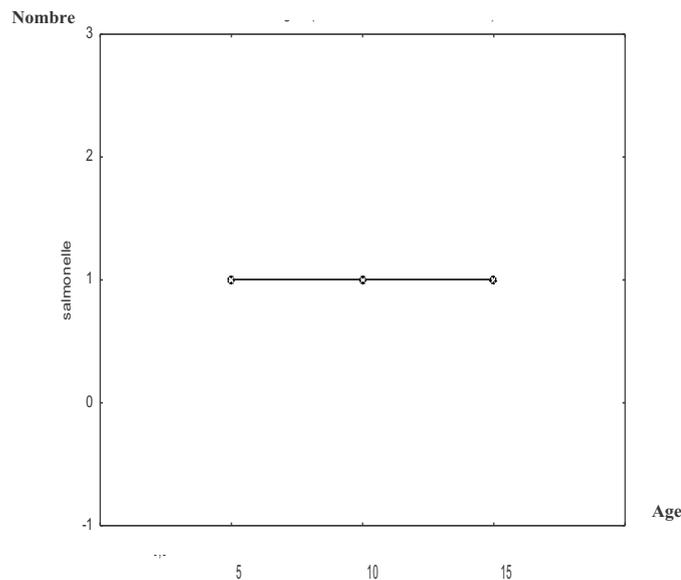


Figure 64: La variation du nombre de *Salmonella* selon l'âge.

- ***Yersinia* :**

Yersinia est tout à fait absente dans notre échantillonnage (100 fientes). Il pourrait que ces germes soient qu'ils sont des bactéries rares (accidentelles) et qu'un simple nombre d'échantillonnages ne permettent 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.

- **Autres bactéries accidentellement isolées :**

On a isolé à partir des oisillons de 5 jours : des *Proteus mirabilis* (4 échantillons), *E. sakazakii*, *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *Providencia rettgeri*, et *Serratia liquefaciens* partagent le même nombre qui est un seul échantillon pour chacune.

A partir des oisillons de 10 jours : 9 *Proteus mirabilis* alors que, *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* et *P.faciens*.



Chez les oisillons de 15 jours on a isolé : 06 *E.cloacae* , l'apparition de *Klebsiella ozaenae* avec 4 isolats , 03 *P. mirabilis*, 02 *E.coli 1* et 02 *Serratia liquefaciens*.

- **Résultats d'analyses des 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.(Tab.19)

Tableau 19: 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>Pasteurella pneumotropica</i>
	<i>Proteus mirabilis</i>
	<i>Pantoea spp1</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 (Figures 65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75) :



Figure 65 : Profil biochimique de *Citrobacter braakii*.



Figure 66 : Profil biochimique d'*Enterobacter aerogenes*.



Figure 67 : Profil biochimique d'*Enterobacter cloacae*.



Figure 68 : "Profil biochimique d'*E.coli 1*.



Figure 69: Profil biochimique de *Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae*.



Figure 70 : Profil biochimique de *Pasteurella pneumotropica*.

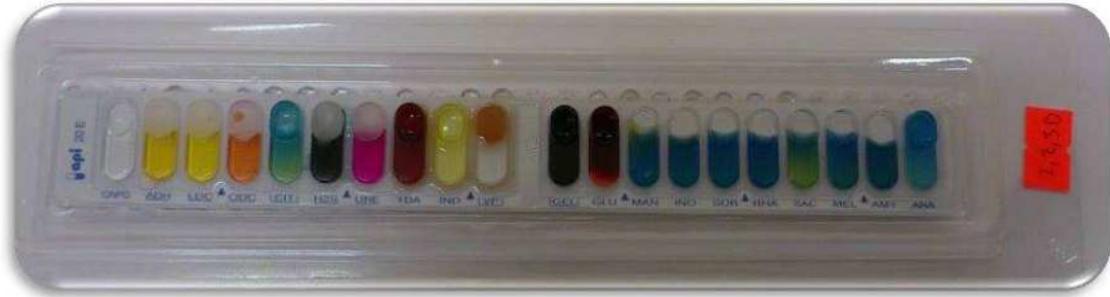


Figure 71 : Profil biochimique de *Proteus mirabilis*



Figure 72 : Profil biochimique de *Pantoea spp1*.



Figure 73 : Profil biochimique de *Salmonelle holeraesuis ssp arizonae*.



Figure 74 : Profil biochimique de *Shigella* spp.



Figure 75 : Profil biochimique d'*Aeromonas hydrophila*.

Les 12 espèces (plus le genre *Bacillus*) sont représentés ci-dessous (Figure 76):

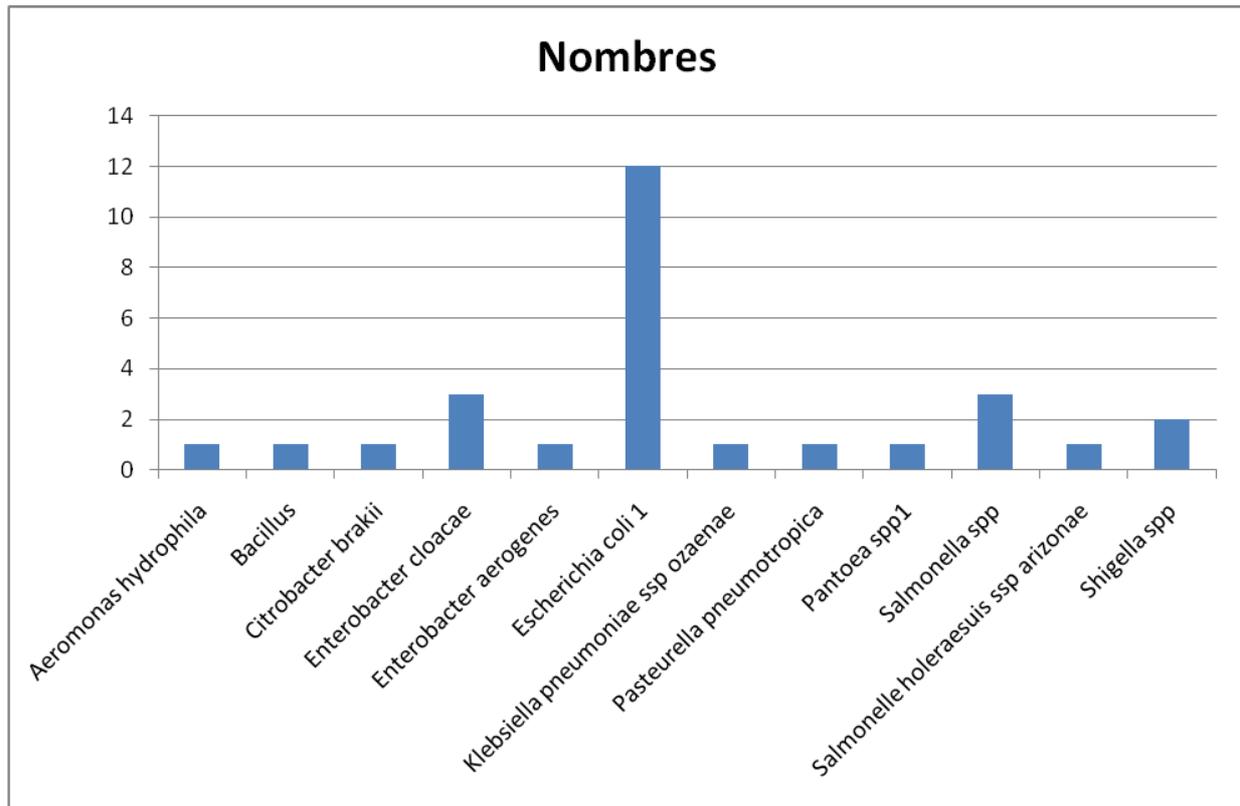


Figure 76 : Nombre des espèces identifiées à partir des échantillons des œufs non éclos.

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%.



3.3 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 (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).

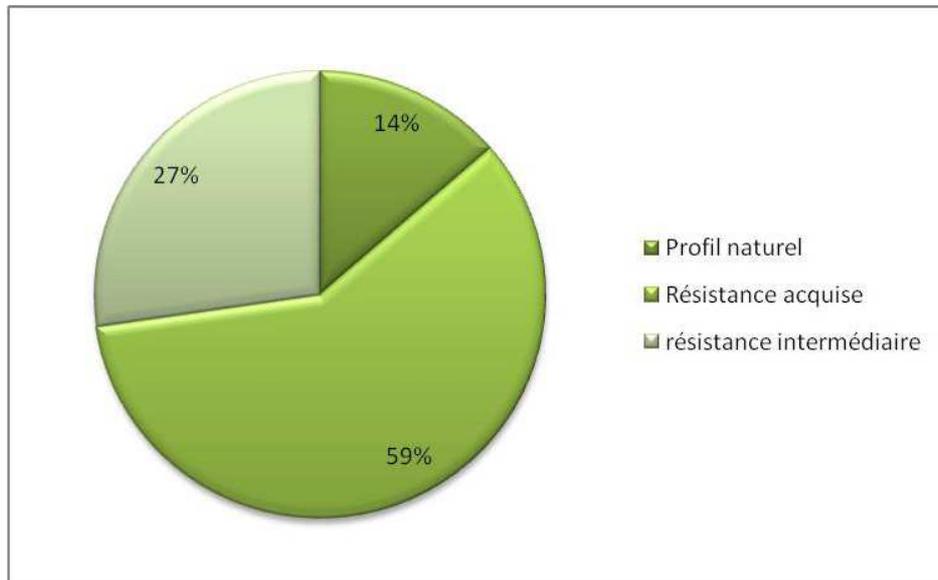


Figure 77: les pourcentages de sensibilité et/ou résistance

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) (Figure 77). 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%.

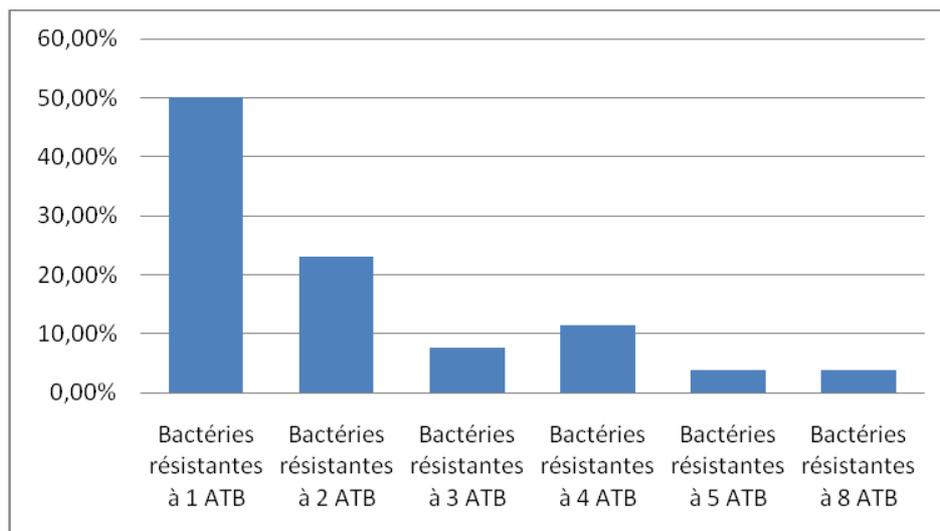


Figure 78: pourcentage des bactéries manifestant une résistance acquise.



Le graphe qui se trouve au dessus (Figure 78) 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*.



3.4 Discussion :

Chez l'oisillon nouveau-né, le passage soudain à une alimentation exogène solide s'accompagne d'une croissance allométrique propre à chaque portion de l'intestin et de modifications physiologiques reflétant la maturation des capacités digestives des oisillons. (Quillien, 2001)

La séquence d'établissement microbien de l'écosystème digestif se termine quand un état d'équilibre s'est installé (Savage, 1977). L'équilibre chez les adultes en bonne santé est stable dont l'environnement et le régime alimentaire ne sont pas modifiés (Savage, 1977 ; 1987). Comme pour la séquence de colonisation, l'écosystème des adultes est, par ses caractéristiques générales, semblable d'une espèce animale à l'autre, et à l'état d'équilibre, les espèces microbiennes observées chez la plupart, sinon chez toutes les espèces animales étudiées, sont les mêmes. Mais, encore une fois, l'écosystème de chaque espèce animale se distingue par plusieurs détails spécifiques. C'est pourquoi l'état d'équilibre de l'écosystème d'un animal adulte, appartenant à un groupe taxonomique donné, est unique, comme l'est sa séquence d'établissement.

Dans la présente étude la microflore intestinale des oisillons à l'âge de 15 jours atteint un équilibre spécifique d'où les microorganismes isolés et qui sont les composants principaux d'une flore autochtone (les lactobacilles) atteinte une stabilité depuis l'âge de 10 jours après la naissance, et la présence des autres taxons est variable. Cependant la présence des cocci à Gram positif et conqurent surtout a l'âge de 15 jours ce qui peut-être favorise un équilibre entre les différents genres microbiens dont les bacilles à Gram négatif.

La flore autochtone empêche l'implantation de la flore pathogène. Ce phénomène, appelé 'effet barrière', se met en place avant la maturité complète du système immunitaire du tube digestif. Ainsi, les lactobacilles excluent les coliformes chez des animaux gnotobiotiques (Fuller, 1977). Cependant, dans cette étude, l'effet est beaucoup moins important c'est le même cas chez les volailles conventionnelles (Watkins et Kratzer, 1983), du fait probablement de la présence d'autres microorganismes qui empêchent ou réduisent l'action des lactobacilles.



L'apparition et/ou la disparition des souches des *Salmonella*, *Pseudomonas*, et *Bacillus* examinées sont occasionnels, 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 probablement soit d'une origine maternelle (des œufs infectés) 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 capturés pour nourrir leurs oisillons.

Il y a une apparition des *Pseudomonas* à l'âge de 10 jours chez 5 oisillons par rapport à 100 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*.

Les Salmonelles se présentent aléatoirement chez un individu dans chaque catégorie d'âge et peut-être exclus 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.

La flore intestinale joue un rôle important dans la digestion des aliments que les parents leur fournissent à leurs oisillons. Cette flore est par conséquent à 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 (d'améliorer la résistance de l'hôte et ayant un effet positif sur le succès de reproduction) (Lombardo *et al.*, 1999).

Les souches qu'on a 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.

Les œufs non éclos qui n'avaient aucun embryon à l'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 J. 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 peut pénétrer les coquilles poreuses des œufs.

Les interprétations qui peuvent y avoir lieu, la possibilité qu'une femelle déjà infectée transmise par la suite des germes à ses œufs pendant la période de formation des réserves de l'œuf (10 jours) (Ambrosini 2002), 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 de l'éclosion joue un rôle incontournable dans leur



infection ; l'environnement où se trouvent les œufs est composé d'un nid dans lequel ils coexistent avec des poussins qui rejettent leurs fientes dans le nid, augmentant ainsi la probabilité d'une transmission bactérienne vers les œufs. 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 lieu après la mort des embryons (J. J. 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 peut améliorer de façon différentielle la défense immunitaire antibactérienne des œufs et des oisillons par rapport à l'ordre de ponte.

Cette analyse supporte l'idée disant que les œufs de tel état ne constituent pas un milieu favorable pour l'embryogenèse, mais 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.

On observe que le taux de bactéries émergentes (résistance acquise) est non négligeable et il est estimé de 59%. 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.

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'établissent principalement via leur régime alimentaire. Usui *et al.*, (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 exprime 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 est inévitables. La contraction de ces dernières par la prise des insectes incrimine cet oiseau c'est le cas de beaucoup d'oiseaux ce qui les met dans la catégorie des grands responsables de dissémination des maladies pour les humains. D'autres études 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 les oiseaux insectivores 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 résistance 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 issues 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) impliquent 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 (ARN16 s).

Ceci étant toute la question qui est de savoir si c'est dans l'intestin de l'oisillon qu'elles 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 réaliser 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 que : 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. À 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 aux environs 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). (Leminorel, 1984)

Conclusion





CONCLUSION

La présente étude a permis de s'enquérir de la dynamique de reproduction de l'*Hirondelle rustique* dans un environnement urbain de l'Afrique du nord. Bien que d'apparence bénéfique (les résidents ne dérangent pas les couples nicheurs), cet oiseau nicheur subit malheureusement le préjudice des traitements aux insecticides réalisé par le bureau de la protection sanitaire de l'environnement urbain de la ville de Guelma. D'autres facteurs, à ce jour non étudiés, peuvent aussi se combiner à cet effet pour affecter cette population. Il est donc important, voire nécessaire, d'étudier l'abondance des insectes et leur richesse spécifique en pleine période de reproduction.

Il serait aussi utile de se pencher sur l'étude des paramètres de reproduction en relation avec les activités agricoles sachant que (i) notre site de nification est en grande partie entouré de champs de culture et de vergers et que (ii) l'agriculture moderne est connue pour agir négativement sur les populations animales (Costantini *et al.*, 2014). Une analyse des relations entre l'activité de reproduction et le contexte environnemental s'avère donc une piste incontournable pour la mise en œuvre de mesures de gestion visant l'amélioration des conditions locales de reproduction de cette population urbaine. Si les effets des conditions climatiques n'ont pas été clairement mis en évidence, c'est peut-être parce que le suivi a été effectué sur une très courte durée (probabilité faible, voire nulle, de rencontrer des événements météorologiques défavorables). Pour pallier à cela, il est nécessaire d'entamer un suivi à moyen-long terme qui nous renseigne d'avantage sur les effets de ces facteurs abiotiques, à l'instar de ce qui était réalisé, très récemment, aux États-Unis (García-Pérez *et al.*, 2014).



L'étude de la microflore cloacale des oisillons a montré une grande stabilité dès les premiers jours de naissance et une bonne défense contre les bactéries pathogènes.

Les résultats obtenus de la recherche dans les fientes ont montré la présence de trois genres bactériens recherchés ; *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Salmonella* et une absence de *Yersinia*. 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 diminuent avec l'âge de 15 jours.

Les recherches révèlent aussi la présence de bactéries (pathogènes) appartenant à différentes familles. La diversité de ces germes prend origine des facteurs qui sont à la fois extrinsèques (environnement) et intrinsèques (les individus).

Les analyses des œufs ont aussi confirmés la présence de bactéries pathogènes qui peuvent être incriminées comme étant responsables de l'échec de l'éclosion en plus de mauvaise qualité des œufs pondus (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 se sont avérés inquiétants, car un pourcentage d'environ 60% des bactéries étudiées sont devenues résistantes dont la moitié est résistante au moins à un antibiotique.



L'antibiogramme réalisé sur les *Pseudomonas* et les *Salmonella* met en évidence que d'une résistance acquise apparente que celle noté pour les Salmonelles et à celle des bacilles pyocyaniques



A

A.N.D.I. (2013). Agence Nationale de Développement de l'Investissement : Rapport interne, monographie de la wilaya de Guelma. 19p.

Adam V. (2015). Œuvres complètes de Buffon. Université de Californie, Berkeley. PP 337 : 627.

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

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

Ambrosini R., Bolzern A. M., Canova L., Arieni S., Møller A.P., Saino N. (2002). The distribution and colony size of barn swallows in relation to agricultural land use. *Journal of Applied Ecology* 39(3) : 524-534.

Ambrosini R., Ferrari R.P., Martinelli R., Romano M., Saino N. (2006). Seasonal, meteorological, and micro habitat effects on breeding success and offspring phenotype in the barn swallow, *Hirundo rustica*. *Ecoscience*, 13: 298–307

Ambrosini R., Saino N. (2010). - Environmental effects at two nested spatial scales on habitat choice and breeding performance of barn swallow. *Evolutionary Ecology* 24 (2): 491-508



Ambrosini R., Saino N., Rubolini D., Møller A., (2011). Higher degree-days at the time of breeding predict size of second clutches in the barn swallow. *Climate Research*, 50 (1): 43-50

Amundsen T., Slagsvold T. (1991). Asynchronous hatching in the pied flycatcher: an experiment. *Ecology*, 72. p.p. 797-804.

Anderson VR., Alisauskas R.T.(2002). Composition and growth of king eider ducklings in relation to egg size. *Auk* 119:62–70.

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

Anthony LW., Ely C.A. (1976). Breeding biology of barn swallows in west-central Kansas. *Kansas Orn. Soc. Bull.*, 27(4):37-43.

Askenmo C. (1982). Clutch size flexibility in the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Ardea*, 70: 189–196.

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

B

Bañbura J. (1986). Sexual dimorphism in wing and tail length as shown by the Swallow, *Hirundo rustica*. *J. Zool., Lond.* 210. p.p. 131-136.



Banbura J., Zielinski P. (1998). Timing of breeding, clutch size and double broodedness in Barn Swallows *Hirundo rustica*. *Ornis Fennica*. 75(4), pp. 177-183.

Bañbura J., Zielinski P. (2000). Repeatability of reproductive traits in female Barn swallows *Hirundo rustica*. *Ardea* 88 (1). p.p. 75-80.

Barclay R.M.R. (1988). Variation in the costs, benefits, and frequency of nest reuse by Barn Swallows. *Auk*. 105 : 53-60.

Bent A.C. (1942). Life histories of North American flycatchers, larks, swallows, and their allies. *U.S. Natl. Mus. Bull.* 179.

Bernis F. (1971). Aves migradoras ibéricas: según anillamientos en Europa..Passeres I: de Alaudidos a Prunelidos. Sociedad Espanola de Ornitologia, Madrid. Vol. 7-8

Berthold P., Wiltschko W., Miltenberger H., Querner U. (1990). Genetic transmission of migratory behaviour into a non-migratory bird population. *Experimenta (Basel)* 46: 107-108

Beser H.J. (1968). Ergebnis der Zählungen und Untersuchungen am Rauch- und Mehlschwalbenbestand in einigen Orten des Landkreises Kempen-Krefeld in den Jahren 1966 und 1967. *Charadrius* 4. p.p. 181-192.

Beser H.J. (1974). Zur Brutbiologie der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) in zwei Ortschaften des Niederrheins. *Charadrius* 4. p.p. 81-90

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



Blanco G, Lemus. J.A., 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.

Blaut M. (2000). European Concerted Action PI 98 4230 (1999-2000)

Blondel J. (1999). Migration pré-nuptiale dans les monts des Ksour (Sahara Septentrional). *Alauda*, 30. p.p. 1-29.

Blums P., Clark R.G., Mednis A. (2002). Patterns of reproductive effort and success in birds: path analyses of long-term data from European ducks. *J Anim Ecol* 71:280–295.

Boekelhdeide R.J., Ainley D.G. (1989). Age, resource, availability, and breeding effort in Brand's Cormorant. *Auk* 106 : 389–401.

Boley A., (1932). Beobachtungen an beringten Rauchschwalben (*Hirundo rustica*) in Dillich und Umgebung. *Vogetzug* 3. p.p. 17-21.

Bonnet R., Caron F., Cavallo J.D., Chardon H., Chidiac C., Courvalin P., Drugeon H., Dubreuil L., Jarlier V., Jehl F., Lambert T., Leclercq R., Nicolas Chanoine M.H., Plesiat P., Ploy M.C., Quentin C., Soussy C.J., Varon E., Weber P. (2012) « Comité d'Antibiogramme de la Société Française de la Microbiologie ».

Boyce M.S., Perrins C.M. (1987). Optimizing Great Ttt clutch size in a fluctuating environment. *Ecology* 68: 142-153



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

Bright J.A., Morris A.J., Winspear R., (2008). A review of Indirect Effects of Pesticides on Birds and mitigating land-management practices. *Research Report 28, Royal Society for the Protection of Birds, UK.*

Brown C.R., Brown M.B. (1999). - Fitness components associated with clutch size in cliff swallows. *Auk* 116: 467–486

Bruce J., Drysdale EM. (1994). Trans-shell transmission. In: Board RG, Fuller R, eds. Microbiology of avian eggs. *London: Chapman et Hall*, 63–91.

Bryant D.M. (1973). Factors influencing selection of food by house Martins (*Delichon urbica*). *J. anim. Ecol.* 42. p.p. 539-564.

Bryant D.M. (1975). Breeding biology of House martins *Delichon urbica* L. in relation to aerial insect abundance. *Ibis* 117. p.p. 180-216.

Bryant D.M., Westerterp K.R. (1983) Time and energy limits to brood size in House Martins (*Delichon urbica*). *J. Anim. Ecol.* 52: 905-925

Burnham, K.P., Anderson D.R. (2002). Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach, (2nd edition). *Springer-Verlag*, New York.

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



C

- Cabello de Alba F. (2002).** Disminucion del exito reproductor de la golondrina comun *Hirundo rustica* tras un tratamiento aereo masivo con *Bacillus thuringiensis*. *Ardeola*, 49: 91-95.
- Chouder N. (2006).** Contribution à l'étude des flores des poulets conventionnels sains. Thèse de Magister, Université de Mentouri, Constantine.
- Clare. Mc.W., Benskin H., Wilson K., Jones K., Hartley I.R., (2009).** Bacterial pathogens in wild birds: a review of the frequency and effects of infection. *Biol. Rev.* 84, pp. 349-373.
- Costantini D., Dell'Omo G., La Fatta I., Casagrande S. (2014).**- Reproductive performance of Eurasian Kestrel *Falco tinnunculus* in an agricultural landscape with a mosaic of land uses. *Ibis*, 154(4): 768-776.
- Coulson J.C. (1963).** Egg size and shape in the Kittiwake and their use in estimating age composition of populations. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 140, 211-227.
- Coulson J.C., Thomas C.S. (1985)** Changes in the biology of the Kittiwake *Rissa tridactyla*: a 31 year study of a breeding colony. *J. Anim. Ecol.* 54: 9-26
- Cramp S. (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. Oxford University Press, Oxford.



Cramp S. (ed.) (1988). The birds of Europe the Middle East and North Africa. Vol V. Oxford University Press.

Crawley M., (2005). Statistics: An Introduction using R. John Wiley et Sons, West Sussex.

Crenn L.M., (2004). La pseudotuberculose a *Yersinia pseudotuberculosis* en parcs zoologiques. Thèse de Doctorat, La faculté de médecine de Créteil.

D

Davies N.B. (2000). Cuckoos, cowbirds and other cheats. *London: T. and A. D. Poyser.*

Davis M. E., Brown D. C., Baker A., Bos K., Dirain M. S., Halbrook E., Johnson Z. B., Maxwell C., Rehberger T.(2007). Effect of direct-fed microbial and antibiotic supplementation on gastrointestinal microflora, mucin histochemical characterization, and immune populations of weanling pigs. *Livest. Sci.* 108: 249253.

De Lope F (1983). Reproduction of *Hirundo rustica* in Extremadura (Spain). *Alauda.* 51:81-91.

De Loupe F., Møller A.P. (1993). Effects of ectoparasites on reproduction of their swallows hosts: a cost of being multi-brooded. *Oikos* 67. p.p. 557-562.

Debieche, T.H. (2002). - Evolution 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, 235p.



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

Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (1996). En quelques chiffres année 1995. Maison de l'agriculture. Annaba.

Djabri L. (1996). Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse "Origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines". Thèse de doctorat, De l'Université d'Annaba, 278 p.

Drent R.H., Daan S. (1980). The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea* 68. p.p. 225-252.

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

Dulphy J.P., (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.

E

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

Evans K.L., Wilson J.D., Bradbury R.B. (2003). Swallow *Hirundo rustica* population trends in England: data from repeated historical surveys. *Bird Study*, 50: 178-181.



F

Fally J (1989). Die Bedeutung des Neststandortes im Brutgeschehen bei Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) und Mehlschnalbe (*Delichon urbica*). Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland. Naturwissenschaften. Eisenstadt. 83: 1-53.

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

García-Pérez B., Hobson K.A., Albrecht G., Cadman M.D., Salvadori A. (2014). Influence of climate on annual survival of Barn Swallows (*Hirundo rustica*) breeding in North America. *The Auk*, 131(3): 351-362.

Gueroui Y. (2015). Caractérisation Hydrochimique et Bactériologique des eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse de doctorat. Univ Guelma. 162p.

H

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



Hart J.D., Milsom T.P., Fisher G., Wilkins V., Moreby S.J., Murray A.W.A., Robertson P.A. (2006). The relationship between yellowhammer breeding performance, arthropod abundance and insecticide applications on arable farmland. *J. Appl. Ecol.*, 43: 81–91

Hasegawa M., Arai E., Watanabe M., Nakamura M. (2010). Mating advantage of multiple male ornaments in the Barn Swallow *Hirundo rustica gutturalis*. *Ornithological Science*, 9 (2): 141-148

Hasegawa M., Arai E., Watanabe M., Nakamura M. (2012). Female mate choice based on territory quality in barn swallows. *Journal of Ethology*, 30 (1): 143-150.

Hasegawa M., Arai E., Watanabe M., Nakamura M. (2014). Male viability is positively related to multiple male ornaments in Asian Barn Swallows. *Journal of Ornithology*, 155 (2): 389-397.

Hasegawa M., et Arai E. (2013). Divergent tail and throat ornamentation in the barn swallow across the Japanese islands. *Journal of Ethology*, 31 (1): 79-83.

Hasselquist D., M F Wasson D W., Winkler .(2001). Humoral immunocompetence correlates with date of egg-laying and reflects work load in female tree swallows. *Behav. Ecol.* 12:93-97.

Heagy A., Badzinski D., Bradley D., Falconer M., McCracken J., Reid R.A., 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.

Hémery G., Jarry G., Le Toquin A., Nicolau-Guillaumot P . (1975). Evolution de la fréquence et de la taille de pontes d'Hirondelles de cheminée au cours d'une saison de reproduction. Publication interne P.N.R.O. CRMMO. 7 p.



- Henderson I., Holt C., Vickery J. (2007).** National and regional patterns of habitat association with foraging Barn Swallows *Hirundo rustica* in the UK. *Bird Study*. 54: 371-7.
- Hill D.A. (1984).** Laying date, clutch size and egg size of the Mallard (*Anas platyrhynchos*) and Tufted Duck (*Aythya fuligula*). *Ibis*. 126 : 484–495.
- Högstedt G. (1981).** Should there be a positive or negative correlation between survival of adults in a bird population and their clutch size ?. *Am. Nat.*, 118. p.p. 568-571.
- Hooper L.V., Bry L., Falk P.G., Gordon J.I. (1998).** Host-microbial symbiosis in the mammalian intestine: exploring an internal ecosystem. *BioEssays* 20: 336343.
- Horak P., Mand R., Ots I., Leivits A. (1995).** Egg size in the Great Tit *Parus major*: individual, habitat and geographic differences. *Ornis Fennica* 72 : 97–114.
- Huin N., Sparks T.H. (2010).** - Arrival and progression of the Swallow *Hirundo rustica* through Britain. *Bird Study*, 45: 361.370.
- Hussell D.J.T., Quinney T.E. (1987)** Food abundance and clutch size of Tree Swallows *Tachycineta bicolor*. *Ibis* 129: 243-258

K

- Karlsson B., Wiklund C. (2005).** Butterfly life history and temperature adaptations; dry open habitats select for increased fecundity and longevity. *Journal of Animal Ecology*, 74(1): 99–104.



Klasing A. (1998). Influence of acute feed deprivation or excess feed intake on immunocompetence of broiler chicks. *Poultry Science* 67. p.p. 626-634.

Klomp H (1970). Determination of clutch-size in birds. A review *Ardea* 58:1–124.

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

Kluijver H.N. (1951). The population ecology of the Great tit (*Parus m. major L.*). *Ardea*, 39. p.p. 1-135.

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

Kondelka D. (1985). Gelegegrosse und Brutverluste der Rauchschnalbe *Hirundo rustica* im nordmährischem Kreis (CSSR). *Folia Zool.* 34. p.p. 149-158.

Kopij G., Polit M. (2014). Les variations saisonnières de la grandeur des pontes et de la réussite de la reproduction de l'*Hirondelle rustique* *Hirundo rustica*, en relation avec l'emplacement des colonies et le type de bâtiments agricoles occupés. *Alauda*, 82(1): 63-69.

Korpimäki E., 1990a Body mass of breeding Tengrinalms Owls *Aegolius funereus*: seasonal between-year, site and age-related variation. *Ornis Scand.*21: 169-178

Korpimäki E., 1990b Low repeatability of laying date and clutch size. An adaptation to fluctuating food conditions. *Ornis Scand.* 21: 282-291



Kose M., Mand R., Møller A.P.(1999). Sexual selection for white tail spots in the barn swallow in relation to habitat choice by feather lice. *Anim. Behav.* 58:1201-1205.

Koskimies J. (1948). On temperature regulation and metabolism in the Swift, *Micropus a. apus* L., during fasting. *Experientia* 4. p.p. 274-282.

Krebs J.R., Davies N.B. (1991) Behavioural ecology: an evolutionary approach. Oxford, Blackwell Scientific Publications

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

Kuźniak S (1967). Obserwacje nad biologią okresu lęgowego dymówki, *Hirundo rustica* L. *Acta Ornithologica (Warszawa)*.10: 177-212.

Kyle,PD., and G. Z. Kyle. (1993). An evaluation of the role of microbial flora in the salivary transfer technique forh and-rearing Chimney Swifts. *Wild.Rehabilitation* 8,65-71

L

Lack D. (1947). The significance of clutch size. *Ibis* 89. p.p. 302-352.

Lack D. (1954). The Naturel Regulation of Animal Numbers. Clarendon Press, Oxford.

Lack D. (1966). Population studies of birds. Oxford, England, Oxford Clarendon Press.

Lack D. (1968). Ecological adaptations for breeding in birds. Methuen. London.



- Lambert PA., (2005).** Bacterial resistance to antibiotics: modified target sites. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 57: 1471-1485.
- Lambrechts M., Blondel J., Hurtez-Bousses S., Maistre M., Perret P. (1997).** Adaptive inter-population differentiation in Blue Tit life-history traits on Corsica. *Evol. Ecol.* 11. p.p.599-612.
- Le Marec M., Lemoine T. (2011).**- Etude des Hirondelles sur le territoire communal de Saint Rémy(France). Rapport d'étude. Mairie de Saint-Rémy. 13 pp.
- Levy S.B., Marshall B. (2004).** Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. *Nat. Med.* 10: 122-129.
- Levy SB., McMurray L. (1978).** Plasmid-determined tetracycline resistance involves new transport systems for tetracycline. *Nature.* 276: 90-92.
- Lian-Hui Z. (1993).** sensations microbiennes de quorum. Thèses - École Doctorale "Écosystèmes Évolution Modélisation Microbiologie"
- Ligue pour Protection des Oiseaux (L.P.O.) (2002).** - Les hirondelles sont en déclin. *Natura Science.*
- Löhrl et Gutscher H. (1973).** Zur Brutökologie der Rauch schwalbe in einem sudwestdeutschen dorf. *Journal of Ornithology*, 114: 339-416.
- Löhrl H., Gutscher H. (1973).** Zur Brutökologie der Rauch schwalbe in einem sudwestdeutschen dorf. *Journal of Ornithology*, 114: 339-416.



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

Lombardo M.P., Thorpe PA., Cichewicz P.A., Henshaw M., Millard C., Steen C., and Zeller T.K. (1996). Communities of cloacal bacteria in Tree Swallow families. *Condor*, 98, 167-172.

Lombardo M.P., Thorpe PA., Power H.W. (1999). The beneficial sexually transmitted microbe hypothesis of avian copulation. *Behav Ecol*, 10:333–337.

Loske K.H. (1989). Zur Brutbiologie der Rauchschnalbe *Hirundo rustica* in Mittelwestfalen. *Vogelwelt* 110. p.p. 59-82.

Lucas F. S., 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.

Lucas F.S., Heeb P. 2005. Environmental factors shape cloacal bacterial assemblages in great tit *Parus major* and blue tit *Parus caeruleus* nestlings. *J. Avian Biol.* 36: 510-516.

Lybbey J. (2000). L'essentiel de l'information scientifique et médicale L'interaction des bactéries avec les cellules épithéliales : une clé pour la compréhension des maladies inflammatoires de l'intestin. *Hépatogastro*, 7 (6).

M

Moller, A.P. (1985) Mixed reproductive strategy and mate guarding in a semi-colonial passerine, the Swallow *Hirundo rustica*. *Behav. Ecol.* 17: 401-408



Moller, A.P. (1987) Nest lining in relation to the nesting cycle in the Swallow *Hirundo rustica*. *Omis Scand.*18: 148-149

Magdalena Ruiz-Rodriguez, Soler J.J., Lucas F.S., Heeb P., Palacios M.J., Martin-Galvez D., Neve L, Pérez-Contreras T., Martinez J.G., Soler M. (2008). Bacterial diversity at the cloaca relates to an immune response in magpie *Pica pica* and to body condition of great spotted cuckoo *Clamator glandarius* nestlings. *J. Avian Biol.*40:42-48,2009.

Magrath R.D. (1989). Hatching asynchrony and reproductive success in the blackbird. *Nature*, 339. p.p. 536-538.

Margie D.L., Jingrang L., Umelaalim I., Barry H., Charles H., Maurer J.J. (2003). Microbial Dynamics of the Broiler Intestinal Tract . *American Society for Microbiology*.

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

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

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

MAYNARD-SMITH J. (1977) Parental investment: a prospective analysis. *Anim. Behav.* 25: 1-9



McCarty J.P., Winkler D.W. (1999). Relative importance of environmental variables in determining the growth of nestling Tree Swallows *Tachycineta bicolor*. *Ibis*, 141: 286–296.

McCrinmon D A (1980). The effects of timing of breeding, dispersion of nests, and habitat selection on nesting success of colonial waterbirds. *Trans. Linn. Soc. N.Y.* 987-102.

Mcginn D B., Clark H. (1978). Some measurements of Swallow breeding biology in low land Scotland. *Bird Study*, 25: 109–118.

Mead G.C. (1997). Bacteria in the gastrointestinal tract of birds. In: Mackie, R. I., White, B. A. and Isaacson, R. E. (eds). *Gastrointestinal Microbiology*. Chapman and Hall, New York.

Merino S., Møller A.P., de Lope F. (2000). Seasonal changes in cell-mediated immunocompetence and mass gain in nestling barn swallows: a parasite-mediated effect? *Oikos*. 90:327-332.

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

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.



Michael P., Lombardo A., Patrick A., Thorpe A., Harry W., The beneficial sexually transmitted microbe hypothesis of avian copulation. *Behavioral Ecology* Vol. 10 No. 3: 333–350.

Milne H (1974). Breeding numbers and reproductive rate of Eiders at the Sands of Forvie National Nature Reserve, Scotland, *Ibis* 116: 135—52.

Møller A P (1994). Sexual selection and the barn swallow: Oxford University Press.

Møller A P (2000). Survival and reproductive rate of mites in relation to resistance of their barn swallow hosts. *Oecologia*, 124:351-357.

Møller A.P (1994). Parasites as an environmental component of reproduction in birds as exemplified by the swallow *Hirundo rustica*. *Ardea* 82 (1) : 161 - 171.

Møller A.P. (1983). Changes in Danish farmland habitats and their populations of breeding birds. *Holarctic Ecology* 6. p.p. 95-100.

Møller A.P. (1988). Female choice selects for male sexual tail ornaments in the monogamous swallow. *Nature*, 332. p.p. 640-642.

Møller A.P. (1989). - Population-dynamics of a declining swallow *Hirundo rustica* population. *J. Appl. Ecol.* 58: 1051–1063.

Møller A.P. (1990). Effects of Parasitism by a Haematophagous Mite on Reproduction in the Barn Swallow. *Ecology* 71:2345–2357.

Møller A.P. (1994). Sexual Selection and the Barn Swallow. Oxford University Press, Oxford.



Møller A.P. (2001). - The effect of dairy farming on barn swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction. *Journal of Applied Ecology*, 38: 378–389.

Møller A.P. (2001). The effect of dairy farming on barn swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction. *Journal of Applied Ecology*, 38: 378–389.

Møller A.P. (2004). - Protandry, sexual selection and climate change. *Glob. Change. Biol.* 10:2028–2035

Møller A.P. (2011). Behavioral and life history responses to extreme climatic conditions: Studies on a migratory songbird. *Current Zoology*, 57 (3): 351-362.

Møller A.P. (2013). - Long-term trends in wind speed, insect abundance and ecology of an insectivorous bird. *Ecosphere*, 4(1):6.

Møller, A.P. (2004). Protandry, sexual selection and climate change. *Glob. Change. Biol* 10:2028–2035

Moreno J., Briones V., Merino S., Ballesteros C., Sanz, J. J. and Toma's G. (2003). Beneficial effects of cloacal bacteria on growth and fledging size in nestling Pied Flycatchers (*Ficedula hypoleuca*) in Spain. *Auk* 120: 784790.

Moreno Y, Botella S., Alonso J.L., Ferrus M.A., 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.

Nebel S., Mills A.M., McCracken J.D. & Taylor P.D. (2010). Declines of aerial insectivores in North America follow a geographic gradient. *Avian Conservation and Ecology* 5(2): 1.

Newman D.J., Cragg G.M., Snader K.M., (2003). Natural products as sources of new drugs over the period 1981-2002. *J. Nat. Prod.* 66: 1022-1037.

Newton I. & Marquiss M. (1984). Seasonal trends in breeding performance of Sparrowhawks. *J. Anim. Ecol.*, 53: 809–831.

Niethammer G (1937). Handbuch der deutschen Vogelkunde. Passers, I. Akademie Verlagsgesellschaft, Leipzig.

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

Nikaido H, Rosenberg E.Y, (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.

Nilsson S G (1984). The evolution of nest-site selection among hole-nesting birds: the importance of nest nredation and comnetition. *Ornis Stand.* 15:167-175.



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

NUR, N. (1987) Alternative reproductive tactics in birds: individual variation in clutch size. Oxford University Press,Oxford.

Nuttall 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.

O

O'Connor R.J. (1978). Brood reduction in birds: selection for fratricide, infanticide and suicide?. *Anim. Behav.* 26. p.p. 79-96.

Ojanen M. (1983). Effects of laying sequence and ambient temperature on the composition of eggs of the Great Tit *Parus major* and the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Ann.Zool. Fennici* 20. p.p. 65-71.

Országhová Z. (2013). Breeding biology of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*) in the surroundings of Bratislava (Slovakia). *Folia faunistica Slovaca*, 18 (1): 91–95.

P

Perek M, Elian M, Heller EE, (1969). Bacterial flora of semen and contamination of there productive organs of the hen following artificial insemination. *ResVet Sci* 10:127–132.



Perrier C, de Lope F, Møller A P, Ninni P (2002). Structural coloration and sexual selection in the barn swallow *Hirundo rustica*. *Behav. Ecol.*, 13:728-736.

Perrins C M (1970). The timing of birds' breeding seasons. *Ibis* 112: 242-55.

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

Perrins C.M. & MOSS, D. 1975 Reproductive rates in the Great Tit. *J. Anim. Ecol.* 44: 695-706

Perrins C.M. (1965). Population fluctuations and clutch-size in the great tit, *Parus major* L. *J. Anim. Ecol.* 34. p.p. 601-647.

Petiifor R.A., Perrins, C.M. & Mcclerey, R.H. (1988). Individual optimization of clutch size in Great Tits. *Nature* 336: 160-162

Plan Directeur de l'Aménagement de l'Urbanisme (1996). Plan de l'aménagement intercommunal de Annaba. Wilaya d'Annaba.

Polak, M. & Kasprzykowski, Z. (2013). The effect of weather conditions on the breeding biology of the Eurasian Bittern *Botaurus stellaris* in eastern Poland. *Ethology Ecology & Evolution*, 25(3): 243.252.

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



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

Prescott L. M, Harly. J.P, Klein. D. A. (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

R Core Development Team. (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ramstack J M, Murphy M T, Palmer M R (1998). Comparative reproductive biology of three species of swallows in a common environment. *Wilson Bull.* 110:233-243.

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

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

Ribault j.-P. (1983). Variations annuelles dans la biologie de reproduction de l'Hirondelle rustique *Hirundo rustica*. *Nos oiseaux*, 37: 101-116.

Ribaut J.P. (1982). Biologie de la reproduction de quelques populations d'Hirondelles (*Hirundo rustica*) en Alsace de 1973 à 1980. *Ciconia* 6 (1). p.p.23-52.



Rich T D, Beardmore C J, Berlanga H, Blancher PJ, Bradstreet MSW, Butcher G S, Demarest D W, Dunn E H, Hunter W C, Inigo-Elias E E, Martell A M, Panjabi A O, Pashley D N, Rosenberg K V, Rustay C M, Wendt J S, Will T C (2004). Partners in flight: North American landbird conservation plan. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY.

Ricklefs R.E. (1968). Weight recession in nestling birds. *Auk* 52. p.p. 400-407.

Robinson R.A., Crick H.Q.P. & Peach. W.J. (2003). Population trends of Swallows *Hirundo rustica* breeding in Britain. *Bird Study*, 50: 1-7.

Ruiz-de-Castaneda. R, Vela. A.I, 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.

Rutkowska J, Cichon M (2005). Egg size, offspring sex and hatching asynchrony in zebra finches *Taeniopygia guttata*. *J Avian Biol.*36:12–17.

S

Safran R.J. (2004). Adaptive site selection rules and variation in group size of barn swallows: individual decisions predict population patterns. *The American Naturalist*, 164(2): 121-131.

Safran R.J. (2006). Nest site selection in the barn swallow *Hirundo rustica*: What predicts seasonal reproductive success? *Canadian Journal of Zoology*, 84: 1533-1539.



Saino N., Incali M., Ambrosini R., Martinelli R., Møller A.P. (2001). Immunity, growth and begging behaviour of nestling barn swallows *Hirundo rustica* in relation to hatch order. *J. avian Biol.* 32. p.p. 263-270.

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

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

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.

Sakraoui R., Dadci W., Chabi Y. & Bañbura J. (2005). Breeding biology of Barn Swallows *Hirundo rustica* in Algeria, North Africa. *Ornis Fennica*, 82: 33–43.

Samuel DE (1971) . The breeding biology of barn and cliff swallows in West Virginia. *The Wilson Bull.* 83:284-301.

Schiels W.M. (1984). Barn swallow mobbing: Self defence, collateral kin defence, group defence or parental care? *Animal Behaviour* 32. p.p. 132-148.

Schrader M , Travis J (2009). Do embryos influence maternal investment? Evaluating maternal-fetal coadaptation and the potential for parent-offspring conflict in placental fish. *Evolution* 63: 2805–2815.



Sériot J , Alvès D (2002). Les Hirondelles : biologie, moeurs, mythologie, cohabitation, protection... (Delachaux et Niestlé ed.). Paris.

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

Shields W M , Crook J R, Hebblethwaite M L, Wiles-Ehmann S S (1988). Ideal free coloniality in the swallows. In, *Ecology of Social Behavior*, C. N. Slobodchikoff, ed., Academic Press, NY, pp 189-228.

Shields WH , Crook JR (1987). Barn Swallow coloniality: A net cost for group breeding in the Adirondacks? *Ecology*, 68:1373-1386.

Simonet, M. et M. catteau. 2005. *Yersinia enterocolitica*. Bactériologie alimentaire : Compendium d'hygiène des aliments. Economica eds, Paris, France.

Singh. S.B, Barrett. J.F, (2006).- Empirical antibacterial drug discovery - foundation in natural products. *Biochem. Pharmacol.* 71: 1006-1015.

Sockman KW, Sharp P J, Schwabl H (2006). Orchestration of avian reproductive effort: an integration of the ultimate and proximate bases for flexibility in clutch size, incubation behaviour, and yolk androgen deposition. *Biol Rev* 81:629–666.

Soler J.M., Peralta-Sánchez M., Martín-Gálvez D., Vela A. I., Victor B., 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*, 103, 836–848.



Soler M., Moreno J., Møller A.P., Linden M. et Soler J.J. (1995). Determinants of reproductive success in a Mediterranean multi-brooded passerine: the Black Wheatear *Oenanthe leucura*. *J. Orn.* 136. p.p. 17-27.

Soler. J. J., Peralta-Sánchez. J.M, Martínez-Bueno. M, Martín-Vivaldi. M, Martín-Gálvez.D, Vela. A.I, 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. Université de Paris VI, Faculté de médecine Pierre et Marie-CURIE.

Stenseth NA, Myseterud G, Ottersen J W , KChan Hurrell, Lima M (2002). Ecological effects of climate fluctuations. *Science*. 297:1292-1296.

Stevens CE, Hume ID.(1998) Contributions of microbes in vertebrate gastrointestinal tract to production and conservation of nutrients. *Physiol Rev*; 78: 393-427.

T

Taylor J R (1976). The advantage of spacing out. *J. Theor. Biol.* 59:485-490.

Thompson M C (1961). Observations on the nesting success of the Barn Swallow in South-Central Kansas. *Kansas Orn. Soc. Bull.* 13(2):9-11.

Thompson M.L.P. (1992). Reproductive success and survival of swallows (*Hirundo rustica*). Effect of age and breeding conditions. Ph.D. thesis, University of Stirling, Stirling.



TIENHOVEN, A. 1983 Reproductive Physiology of Vertebrates. 2nd Ed. Cornell University Press, Ithaca.

Tortosa F.S., Pérez L. & Hillström L. (2003). Effect of food abundance on laying date and clutch size in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 50: 112–115.

Turner A.K. (1994). The Swallow. Hamlyn, London.

Turner AK (2006). The Barn Swallow. London, Poyser: A et C Black.

Turner K.T. & Kopachena. J.G. (2009). Breeding biology of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*) in northeast Texas with temporal and geographic comparisons to other North American studies. *Texas Journal of Science*, 61(2): 131-146.

Turner, A. (2006). The barn swallow. T & AD Poyser, London

TURNER, A.K. 1982. Timing of laying by Swallows (*Hirundo rustica*) and Sand Martins (*Riparia riparia*). *J. Anim. Ecol.* 51: 29-46

Turner, K.T. et Kopachena. J.G. (2009). - Breeding biology of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*) in northeast Texas with temporal and geographic comparisons to other North American studies. *Texas Journal of Science*, 61(2): 131-146.

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, (2010). - 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 bêtalactamase Gene from Cattle. *Microb Drug Resist* 2013, 19(5):415-20.

V

van den Brink B., Bijlsma R.G. & van der Have T. (2000). European Swallows *Hirundo rustica* in Botswana during three consecutive non-breeding seasons: the effects of rainfall on moult. *Ostrich*, 71: 198–204.

Van den Brink, B., Bijlsma, R.G. et van der Have, T. (2000). - European Swallows *Hirundo rustica* in Botswana during three consecutive non-breeding seasons: the effects of rainfall on moult. *Ostrich*, 71: 198–204.

Van Dongen . WFD, White. J, Brandl. H. B, Moodley. Y, Merklings. T, Leclaire. S, Blanchard. P, Danchin. É, Hatch. S. A, et Wagner. R. H, (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.



Vaquero-Alba, I. (2011). - Animal sexual signals: Do they maximise or optimise information content? PhD thesis. University of Exeter, UK. 186 pp.

Verheyen R (1967). Oologica Belgica. Inst. Royal Sci. Belgique, Brüssel.

Vietinghoff-Riesch, A. (1955). Die Rauchschnalbe. Duncker et Humblot, Berlin.

Vietinghoff-Riesch, A. (1955). Die Ruschnalbe. Duncker & Humblot, Berlin.

W

Ward S. (1992). Energetic of Laying and Incubation in Birds. Studies of Swallows *Hirundo rustica*, Dippers *Cinclus cinclus* and Japanese Quail *Coturnix coturnix japonica*. Ph.D. thesis, University of Stirling, Stirling.

Ward S. (1995). Causes and consequences of eggs size variation in Swallows *Hirundo rustica*. *Avocetta* 19. p.p. 201-208.

Ward, S. (1992). - Energetic of Laying and Incubation in Birds. Studies of Swallows *Hirundo rustica*, Dippers *Cinclus cinclus* and Japanese Quail *Coturnix coturnix japonica*. Ph.D. thesis, University of Stirling, Stirling.

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

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



Wiggins D.A. (1990). Sources of variation in egg mass of Tree Swallows *Tachycineta bicolor*. *Ornis Scand* 21. p.p. 157-160.

WILLIAMS, G.C. 1966 Natural selection, the costs of reproduction and a refinement of Lack's principle. *Am. Natural.* 100: 687-690

Winkler D.W. & Allen P.E. (1996). The seasonal decline in Tree Swallow clutch size: physiological constraint or strategic adjustment? *Ecology*, 77: 922–932.

Winkler, D.W. et al.,len, P.E. (1996). - The seasonal decline in Tree Swallow clutch size: physiological constraint or strategic adjustment? *Ecology*, 77: 922–932.

Z

Zdravko Dolenc (2002). Breeding characteristics of the barn swallow (*Hirundo rustica*) in NW Croatia. *Nat. Croat.*, Vol. 11, No. 4., 439–445, , Zagreb.

Zduniak P., Czechowski P. & Jędro G. (2011). The effect of nesting habitat on reproductive output of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*). A comparative study of populations from atypical and typical nesting habitats in western Poland. *Belg. J. Zool.*, 141 (1): 38-43.

Zouaidia H. (2006) : Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien. Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk Ahras. Mémoire de magister, Université de Constantine, Algérie. 126 p.



Zwarts, L., Bijlsma, R.B., van der Kamp, J. et Wymenga, E. (2010). - Living on the Edge. Wetlands and Birds in a Changing Sahel. Zeist: KNNV Publishing.

Résumé

La présente étude analyse les effets des conditions climatiques (température, précipitations et vitesse des vents) et de l'activité anthropique (traitements aux insecticides) sur la taille de ponte, le nombre d'œufs éclos et la productivité totale de l'hirondelle rustique dans un milieu urbain Nord-Africain (Guelma, Algérie). Les résultats ont démontré que les conditions climatiques n'affectent pas clairement les paramètres de reproduction de ce hirundinidé, contrairement aux traitements insecticides des bâtiments de nidification. Les trois paramètres étudiés ont tous subi une importante diminution au fur et à mesure de la progression de la saison de reproduction. Le nombre d'œufs éclos et la productivité totale ont été plus grands à la première ponte par comparaison à la seconde. Cette même productivité a nettement diminué en 2013 par comparaison à 2012.

L'analyse microbiologique de la microflore cloacale des oisillons a révélé la présence d'une charge microbienne très diversifiée et ce depuis la naissance jusqu'à l'envole (au quinzième jour). La majorité de ces bactéries peuvent être à l'origine de nombreuses infections.

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 *Salmonelle* 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 : *Hirundo rustica*, reproduction, conditions climatiques, insecticides, bactéries intestinale.

Abstract

The present study examined the effects of climate conditions (temperature, precipitation and wind speed) and human activity (insecticide treatment) on clutch size, number of hatchlings and total productivity of the Barn Swallow in a North African urban area (Guelma, Algeria). Our results demonstrated that climatic conditions do not clearly affect reproductive parameters of this Hirundinidae, unlike insecticide treatments within nest-buildings. A seasonal decline of the three studied parameters was recorded. The number of hatchlings and total productivity were greater at first clutches compared to the second ones. Likewise, the productivity has significantly decreased in 2013 compared to 2012.

The microbiological analysis of the cloacal bacteria of chicks revealed the presence of a diverse microbial load across the growth rate period of chicks (0 to 15 days). Most of strains isolated may be causing numerous infectious diseases.

The search for 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.

Keywords: *Hirundo rustica*, breeding, weather, insecticides, intestinal bacteria .

ملخص:

التكاثر عند طائر السنونو في وسط حضري في شمال إفريقيا : هذه الدراسة تحلل آثار الأحوال الجوية اليومية (الحرارة ، التساقط و سرعة الرياح) و استعمال المبيدات الحشرية على حجم الإباضة . و التفقيص و الإنتاج العام لطائر الخطاف في وسط حضري شمال إفريقي (قالمة . الجزائر), النتائج أظهرت أن الأحوال الجوية لا تؤثر بطريقة واضحة على معايير التكاثر لهذا الطائر بعكس تأثير المبيدات الحشرية داخل العمارات أين يتم التعشيش , المقاييس الثلاثة التي درست تضاءلت بشكل كبير تزامنا مع فترة التكاثر , عدد البيوض المفقس و التكاثر العام كانت أكبر في فترة التبييض الأولى مقارنة بالفترة الثانية و نفس الملاحظة عند مقارنة العامين 2012 و 2013 .

التحليل الميكروبيولوجي للبكتيريا المعششة في أمعاء الفراخ بينت وجود كثافة ميكروبية متنوعة و هذا من أول أيام التفقيص حتى الطيران (في عمر 15 يوم) , أكثرية هذه البكتيريا هي مصدر الكثير من الالتهابات.

البحث عن أنواع معينة من البكتيريا المسببة للأمراض: عصيات، السالمونيلا، يرسينيا، Pseudomonas في عينات أساسا من روث الفراخ من وفقا لثلاث فئات عمرية (5-10-15 أيام) أداء أيضا اختبار الحساسية. أظهرت النتائج العسوية وترتبط الزائفة مع التقدم في السن ولكن سلالة السالمونيلا هو عرضي. اختبار حساسية 44البكتيريا بما في ذلك les pseudomonas و السالمونيلا تكشف بوضوح أن هناك مقاومة المكتسبة .

كلمات البحث: *Hirundo rustica* ، التكاثر ، الطقس ، مبيدات الحشرات ، البكتيريا المعوية.

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 ?

Soumia HADDAD^{1*}, Saâd HANANE² & Moussa HOUHAMDI¹

¹ Laboratoire Biologie, Eau et Environnement (LBEE), Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Faculté SNV-STU, Université 8 Mai 1945, BP 401 Guelma, Algérie.

² Centre de Recherche Forestière, Chariae Omar Ibn Al Khattab, BP 763, Rabat-Agdal, Maroc.

* Auteur correspondant. E-mail : drsee_shaddad@yahoo.com

SUMMARY.— *Breeding performance of the Barn Swallow (Hirundo rustica) in a North African urban area: what are the impacts of climatic conditions and insecticide applications?*— The present study examined the effects of climate conditions (temperature, precipitation and wind speed) and human activity (insecticide treatment) on clutch size, number of hatchlings and total productivity of the Barn Swallow in a North African urban area (Guelma, Algeria). Our results demonstrated that climatic conditions did not clearly affect reproductive parameters of this Hirundinidae, unlike insecticide treatments inside nesting-buildings. A seasonal decline of the three studied parameters was recorded. The number of hatchlings and total productivity were greater for first than for second clutches. Likewise, productivity significantly decreased in 2013 compared to 2012. Further research on other environmental factors such as: (i) insect availability; (ii) agricultural activity and (iii) adverse weather events, are an essential track for the implementation of management measures to improve local breeding conditions of this North African urban population.

RÉSUMÉ.— La présente étude analyse les effets des conditions climatiques (température, précipitations et vitesse des vents) et de l'activité anthropique (traitements aux insecticides) sur la taille de ponte, le nombre d'œufs éclos et la productivité totale de l'Hirondelle rustique dans un milieu urbain Nord-Africain (Guelma, Algérie). Les résultats ont démontré que les conditions climatiques n'affectent pas clairement les paramètres de reproduction de cet Hirundinidé, contrairement aux traitements insecticides des bâtiments de nidification. Les trois paramètres étudiés ont tous subi une importante diminution au fur et à mesure de la progression de la saison de reproduction. Le nombre d'œufs éclos et la productivité totale ont été plus grands pour la première ponte que pour la seconde. Cette productivité a nettement diminué en 2013 par comparaison à 2012. La poursuite des recherches sur d'autres facteurs environnementaux comme : (i) la disponibilité des insectes ; (ii) l'activité agricole et (iii) les événements météorologiques défavorables, s'avère une piste incontournable pour la mise en œuvre de mesures de gestion visant l'amélioration des conditions locales de reproduction de cette population urbaine Nord-Africaine.

De par le monde, l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs. De multiples recherches ont été menées en Europe (Møller, 1994, 2004 ; Saino *et al.*, 2004 ; Ambrosini *et al.* 2006, 2011 ; Turner, 2006 ; Ambrosini & Saino, 2010 ; Kopij & Polit, 2014), en Amérique (Safran, 2004, 2006 ; García-Pérez *et al.* 2014 ; Heagy *et al.* 2014) et même en Asie (Hasegawa *et al.*, 2010, 2012, 2013, 2014). A contrario, une seule étude a vu le jour en Afrique du Nord (Sakraoui *et al.*, 2005). Certaines de ces recherches ont souligné le déclin des populations d'Hirondelles rustiques (Van den Brink *et al.*, 2000 ; Møller, 2001 ; Robinson *et al.*, 2003 ; Evans *et al.*, 2003). Si certains chercheurs ont attribué ce déclin à la réduction des populations d'insectes suite à l'utilisation abusive des pesticides particulièrement en milieu agricole (Bright *et al.*, 2008 ; Møller *et al.*, 2011 ; Zwarts *et al.*, 2012 ; Møller, 2013), d'autres l'ont attribué à la dynamique, très changeante, des populations d'insectes le long du chemin migratoire des hirondelles (Nebel *et al.*, 2010). Il a été également proposé que les conditions climatiques peuvent aussi agir mais indirectement en affectant l'abondance des insectes ainsi que la période de leur émergence (Huin *et al.*, 2010). Zwarts *et al.* (2012) suggèrent que des événements météorologiques défavorables peuvent avoir des incidences directes sur la survie des

populations d'Hirondelles rustiques et sur leur succès de reproduction. Par ailleurs, l'homme contribue aussi à ce déclin en détruisant les nids (Le Marec & Lemoine, 2011), mais aussi en forçant le redéploiement des couples après une première installation.

Très peu de connaissances sont disponibles sur l'Hirondelle rustique en Afrique du Nord. L'unique support d'information disponible reste celui de Sakraoui *et al.* (2005). Cette contribution bien que très précieuse, ne traite pas des effets des conditions climatiques et des insecticides sur les paramètres de reproduction. Pourtant, la connaissance des effets des insecticides dans ce type de milieu est d'une importance majeure pour (i) évaluer le niveau et l'intensité de l'impact, (ii) s'enquérir du comportement réactionnel de la population en vue d'optimiser son succès de reproduction et surtout (iii) avoir les éléments nécessaires pour une gestion rationnelle et durable de cette population.

Les objectifs de la présente étude réalisée dans un complexe résidentiel à Guelma (Nord-Est de l'Algérie) étaient (i) d'évaluer si les conditions climatiques (température, précipitations et vitesse des vents) et les traitements aux insecticides impactent sur les paramètres de reproduction et (ii) si ces mêmes paramètres varient au cours de la saison de reproduction et en fonction du numéro de tentative de ponte (première *versus* seconde ponte). Sachant que l'Hirondelle rustique peut être très sensible aux variations des conditions climatiques (Ambrosini *et al.*, 2006 ; Møller, 2013) et à l'application des insecticides (Cabello de Alba, 2002), nous nous attendions à ce que les performances de reproduction leur soient fortement dépendantes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La wilaya de Guelma (36°46'N, 7°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.

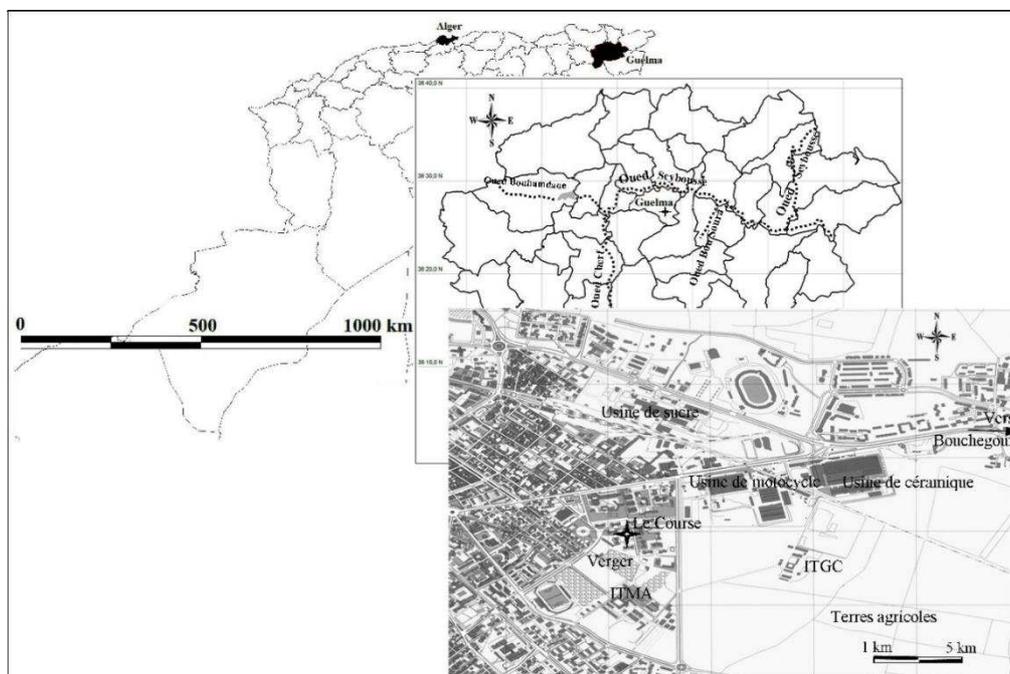


Figure 1.— Localisation géographique du complexe résidentiel "le course" de Guelma (Algérie), accueillant la population nicheuse de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), Algérie, 2012-2013.

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 1000mm. La zone est traversée par l'une des plus importantes rivières du pays "le Seybouse" (Djabri, 1996).

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. À 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 dominent [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 le complexe résidentiel "le course", 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.

COLLECTE DES DONNÉES

L'étude des paramètres de reproduction de l'Hirondelle rustique a été menée à Guelma (Nord-Est Algérien), en 2012 et 2013, dans le complexe résidentiel dit "le course" qui regroupe 30 immeubles. Chacun de ces immeubles comporte 4 étages et une cave. Toutes ces infrastructures ont fait l'objet d'une prospection systématique durant la période "début mars-fin août" avec une fréquence de prospection tous les 2 jours. Une fois localisés, les nids ont été suivis depuis le début de la ponte (date à laquelle le premier œuf est pondu) jusqu'à l'éclosion des œufs, l'envol des poussins ou l'échec de la ponte ou de la nichée. Il a été ainsi possible de noter pour presque tous les nids suivis : (i) la date et la taille de la ponte, (ii) le nombre d'œufs éclos et (iii) le nombre de poussins envolés. La même fréquence de prospection a été gardée bien après l'achèvement des premières couvées (envol des poussins ou échec de la nichée) pour identifier le début de la seconde ponte. Cette dernière a été identifiée par la présence d'au moins 2 œufs nouvellement pondus au nid (Møller, 1989). Les mêmes paramètres de reproduction ont ensuite, une seconde fois, été notés. Les dates de début des premières et secondes pontes ainsi que celles des éclosions et des envols sont exprimées, pour les deux années de suivi, en date Julian (jour 1 = 1^{er} mars).

En 2012 et 2013, les données climatiques journalières (température, précipitation et vitesse du vent) des deux périodes printanière et estivale (début mars-fin août) ont été obtenues à partir de la station météorologique la plus proche du site d'étude (celle de Belkhir à presque 1 km). Le choix des paramètres température et précipitations a été dicté par le fait qu'ils agissent sur l'abondance des insectes ainsi que sur le moment de leurs émergences (Huin *et al.*, 2010). La vitesse du vent intervient quant à elle sur la dynamique de la chasse des Hirondelles rustiques. Ces paramètres ont été aussi testés par Saino *et al.* (2004), Ambrosini *et al.* (2006), Vaquero-Alba (2011) et Møller (2013). Du fait que les Hirondelles rustiques n'ont besoin que de 10 jours (durée probable pour la formation du jaune d'œuf et l'accumulation des réserves) pour débiter leur ponte (Saino *et al.*, 2004), le choix des périodes de collecte des données climatiques a porté sur les deux saisons printemps et été.

Les dates d'utilisation des insecticides ont été directement notées sur le terrain, alors que les noms des produits utilisés nous ont été communiqués par le bureau de la protection sanitaire de l'environnement urbain de la ville de Guelma.

TRAITEMENTS STATISTIQUES

Pour chaque nid, trois périodes phénologiques ont été distinguées avec un ensemble approprié de données : (i) la période de ponte ; (ii) la période d'incubation et (iii) la période totale de la reproduction de la ponte des œufs à l'envol des poussins. Chez l'Hirondelle rustique, il est admis que la période de ponte débute 10 jours avant la date de dépôt du premier œuf (Saino *et al.* 2004). La période d'incubation est celle comprise entre la date de ponte du premier œuf et celle de l'éclosion du premier poussin (Polak & Kasprzykowski, 2013). La période totale de la reproduction est, quant à elle, comprise entre la date de ponte du premier œuf et celle de l'envol du premier poussin. Trois paramètres météorologiques ont été calculés pour chacune de ces trois périodes phénologiques : (i) la température moyenne (°C) ; (ii) les précipitations cumulées (mm) et (iii) la vitesse moyenne des vents des maxima journaliers (km/h). Les variables dépendantes dans les différents modèles ont été : (i) la taille de la ponte ; (ii) le nombre d'œufs éclos/nid et (iii) le nombre de poussins envolés/nid. Les variables explicatives ont été de deux types : (i) qualitatives [année (2012 *versus* 2013), ordre de la ponte (première *versus* seconde) et traitement aux insecticides (avant l'application *versus* après l'application)] et (ii) quantitatives continues [(température moyenne (°C) ; précipitations cumulées (mm) ; vitesse moyenne des vents des maxima journaliers (km/h) et date)].

Dans la mesure où les prédictors comprennent à la fois des variables catégorielles et des covariables continues, les relations entre les variables dépendantes et explicatives ont été évaluées à l'aide de l'Analyse de la Covariance (ANCOVA, Crawley, 2005 ; voir aussi Karlsson & Wiklund, 2005). Après examen de la normalité des variables continues, *via* le test de Wilk-Shapiro, une transformation logarithmique des variables précipitations et vitesse des vents a été effectuée.

Dans notre approche, sauf pour le nombre d'œufs pondus, tous les modèles ont inclus le logarithme du nombre d'œufs en offset afin de modéliser le nombre d'œufs éclos et le nombre de poussins envolés par nid. Mais avant de procéder à cette analyse et afin de ne pas inclure dans le même modèle des variables corrélées, il a été nécessaire d'explorer, en amont, pour chaque période phénologique, les corrélations entre les variables quantitatives continues (corrélation de Pearson), les variables qualitatives et quantitatives (Analyse de la Variance, ANOVA) (Annexes 1 & 2) et les variables qualitatives (année *versus* ordre de la ponte ; test de Khi-deux : $\chi^2_1 = 12,276$; $p < 0,001$). Afin d'évaluer la pertinence relative de nos

différents modèles et des différentes variables pour expliquer les données, le critère AIC (Akaike Information Criterion), qui représente un compromis entre l'ajustement aux données et le nombre de paramètres utilisés (Burnham & Anderson, 2002), a été utilisé au même titre que l'AIC_{weight}. Ce dernier a été aussi utilisé dans la mesure qu'il informe sur le pouvoir explicatif de chaque modèle ou de chaque variable (Burnham & Anderson, 2002). Le meilleur modèle est celui qui présente le plus petit AIC. Si la différence d'AIC entre deux modèles emboîtés est inférieure à 2, le choix se porte sur le modèle avec le moins grand nombre de paramètres selon le principe de parcimonie (Burnham & Anderson, 2002). Au vu du faible nombre de données, l'AIC a été corrigé pour les petits effectifs (AICc). Les modèles sont classés par ordre croissant d'AIC et d'AIC_{weight}. La contribution relative des variables incluses dans les meilleurs modèles est évaluée grâce au calcul des sommes des AIC_{weight}.

L'analyse de l'effet des traitements aux insecticides a porté exclusivement sur l'année 2012, *via* des ANOVAs, dans la mesure où en 2013, les nids en phase d'incubation et en phase d'élevage ont été tous concernés par l'application des insecticides (pas de nids épargnés par les traitements). Ainsi, des comparaisons de moyenne des nombres d'œufs pondus, de poussins éclos et envolés, avant et après l'application des insecticides, ont été effectuées. Dans le texte, les moyennes sont présentées avec leurs erreurs standards (moyenne \pm 1 ES). Les valeurs de $p < 0,05$ ont été considérées comme significatives. Toutes les analyses ont été effectuées par le logiciel *Open source* R v2.12.2 (R Core Development Team, 2009).

RÉSULTATS

Un total de 87 nids a été suivi, 41 en 2012 et 46 en 2013. Le tableau I résume les dates moyennes de ponte, d'éclosion et d'envol des poussins de la population de Guelma.

TABLEAU I

Dates moyennes de ponte, d'éclosion et d'envol des Hirondelles rustiques (Hirundo rustica) à Guelma, 2012 et 2013, Algérie, (date 1 = 1er mars)

	Moyenne \pm ES	
	2012 (n=41)	2013 (n=46)
Date de ponte	82,27 \pm 3,909	76,91 \pm 4,483
Date d'éclosion	100,44 \pm 3,882	93,93 \pm 4,461
Date d'envol	119,39 \pm 3,829	114,89 \pm 4,370

D'une manière générale, les conditions climatiques n'ont pas clairement affecté les paramètres de reproduction de cette population urbaine d'Hirondelles rustiques. En effet, la hiérarchisation des effets des différentes variables explicatives (Tab. II), montre que d'autres facteurs sont, en toute phase, nettement plus forts. Ainsi, l'effet date Julian a été le plus fort sur le nombre d'œufs pondus ($\Sigma AIC_w = 0,60$) et le nombre d'œufs éclos ($\Sigma AIC_{date} = 0,73$). Ce dernier est aussi influencé par l'ordre de ponte ($\Sigma AIC_{ordre\ de\ ponte} = 0,20$). Concernant le nombre de poussins envolés par nid, les effets année et ordre de ponte ont été les plus forts ($\Sigma AIC_{année} = 0,63$; $\Sigma AIC_{ordre\ de\ ponte} = 0,67$), suivis par l'effet date Julian ($\Sigma AIC_{date} = 0,21$). Ainsi, au fur et à mesure que l'on progresse dans la saison de reproduction, une diminution significative du nombre d'œufs pondus (ANCOVA : $\beta = -0,016 \pm 0,004$; $t = -3,61$; $p = 0,0005$) (Fig. 2a), du nombre d'œufs éclos (ANCOVA : $\beta = -0,016 \pm 0,004$; $t = -3,76$; $p = 0,0003$) (Fig. 2b₁) et du nombre de poussins envolés (ANCOVA : $\beta = -0,012 \pm 0,004$; $t = -2,53$; $p = 0,0132$) (Fig. 2c₁) est enregistrée. Le nombre d'œufs éclos a subi une nette diminution en seconde ponte par rapport à la première (ANCOVA : $\beta = -0,845 \pm 0,238$; $t = -3,54$; $p = 0,0003$) (Fig. 2b₂), au même titre que le nombre de poussins envolés (ANCOVA : $\beta = -0,892 \pm 0,255$; $t = -3,49$; $p = 0,0007$) (Fig. 2c₃). Le nombre de poussins envolés par nid a nettement diminué en 2013 par rapport à 2012 (ANCOVA : $\beta = -0,725 \pm 0,258$; $t = -2,80$; $p = 0,0062$) (Fig. 2c₂).

À Guelma, le traitement insecticide effectué dans les bâtiments résidentiels a impacté négativement sur le nombre d'œufs pondus par nid [avant l'application des insecticides (5,21 \pm 0, 21) *versus* après leur application (4,35 \pm 0,17) ; GLM : $F_{1,83} = 9,505$, $p = 0,003$]. En 2012, le nombre d'œufs éclos par nid n'a pas subi de variation notable après l'application des insecticides [avant (4,38 \pm 0, 23) *versus* après (3,92 \pm 0,26) ; ANOVA : $F_{1,39} = 1,417$, $p = 0,241$], alors que le nombre de poussins envolés par nid a subi une nette diminution [avant (4,41 \pm 0, 22) *versus* après (3,50 \pm 0,28) ; ANOVA : $F_{1,39} = 5,551$, $p = 0,024$].

DISCUSSION

Contrairement à nos prédictions, les paramètres de reproduction de la population d'Hirondelle rustique de Guelma n'ont pas été clairement affectés au cours des années 2012 et 2013 par les conditions climatiques, notamment la température, les précipitations et la vitesse du vent.

TABLEAU II

Résultats de la sélection de modèles comparant les analyses de la covariance (ANCOVA) qui testent, pour chaque période phénologique, les relations entre les paramètres de reproduction de l'Hirondelle rustique (Hirundo rustica) et les variables étudiées dans le complexe résidentiel "le course" à Guelma, 2012-2013, Algérie. Les meilleurs modèles figurent en gras, les modèles étant classés par valeurs d'AIC croissant (seuls les dix premiers modèles sont présentés en plus des modèles nuls). Les variables explicatives ont été testées en additif ('+') et en interaction (':')

Modèles	K	AIC _c	ΔAIC _c	AIC _w
Nombre d'œufs pondus/nid				
Date + vent	3	275,97	0,00	0,29
Date	2	276,74	0,77	0,20
Année : température	4	277,50	1,53	0,13
Année + date	3	278,66	2,69	0,07
Ordre de la ponte + vent	3	278,97	3,00	0,06
Température	2	279,42	3,45	0,05
Année : date	4	279,91	3,94	0,04
Vent + température	3	280,34	4,37	0,03
Année + ordre de la ponte + vent	4	280,77	4,80	0,03
Ordre de ponte : vent	4	280,87	4,90	0,02
Nul	1	287,13	11,16	0,00
Nombre d'œufs éclos/nid				
Date	2	266,11	0	0,40
Année + date	3	267,42	1,31	0,21
Ordre de la ponte	2	267,50	1,39	0,20
Année : date	4	268,39	2,28	0,13
Température	2	271,09	4,98	0,03
Vent	2	271,74	5,63	0,02
Précipitation	2	272,95	6,84	0,01
Nul	1	277,47	11,36	0,00
Année	2	279,24	13,13	0,00
Productivité globale				
Année + ordre de la ponte	3	275,46	0	0,34
Année : ordre de la ponte	4	275,99	0,53	0,26
Année + date	3	276,86	1,4	0,17
Année : date	4	277,51	2,05	0,12
Ponte	2	279,26	3,8	0,05
Ponte + vent	3	281,25	5,79	0,02
Ponte : vent	4	282,02	6,56	0,01
Année	2	283,24	7,78	0,01
Date	2	284,62	9,16	0,00
Date + vent	3	286,59	11,13	0,00
Nul	1	289,95	14,49	0,00

En effet, au cours des années 2012 et 2013, nous n'avons pas noté d'événement météorologique défavorable à même d'affecter le succès de reproduction comme l'ont souligné Zwarts *et al.* (2012). La nature de l'habitat de nidification, en totalité situé à l'intérieur des bâtiments résidentiels, pourrait être à l'origine de ce constat. Ce type d'habitat procurerait certainement une meilleure protection des nids. Par ailleurs, l'application des insecticides a

clairement impacté négativement sur le nombre d'œufs pondus et la productivité totale des couples d'Hirondelles rustiques.

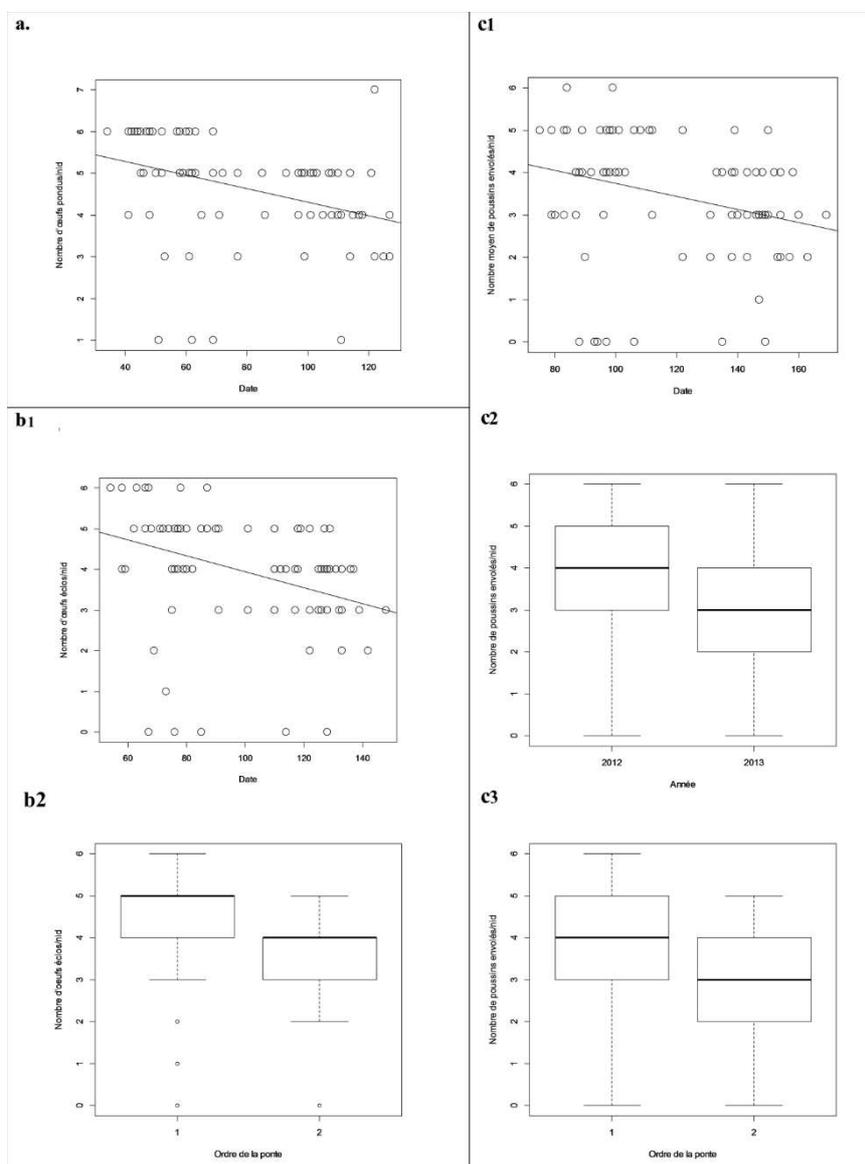


Figure 2.— (a). Nombre d'œufs pondus/nid de l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) en fonction de la date (jour 1 = 1^{er} mars) à Guelma, Algérie, 2012-2013. (b₁). Nombre d'œufs éclos/nid en fonction de la date. (b₂). Nombre moyen d'œufs éclos/nid en fonction de l'ordre de ponte (1 = première ponte et 2 = deuxième ponte). (c₁). Nombre de poussins envolés/nid en fonction de la date. (c₂). Nombre moyen de poussins envolés/nid en fonction l'année. (c₃). Nombre moyen de poussins envolés/nid en fonction de l'ordre de ponte.

À Guelma, tous les paramètres de reproduction étudiés ont subi une diminution au fil de la progression de la saison. Cela a été aussi le cas pour les populations d'Annaba (Nord-Est

d'Algérie) (Sakraoui *et al.*, 2005), du Sud-Ouest de l'Écosse (McGinn & Clark, 1978) et d'Allemagne (Vietinghoff-Riesch, 1955).

La tendance à la baisse de la taille de ponte est bien typique pour toutes les populations de l'Ouest du Paléarctique (Löhr & Gutscher, 1973 ; McGinn & Clark, 1978 ; Kondelka, 1985 ; Banbura, 1986 ; Cramp, 1988 ; Loske, 1989 ; Thompson, 1992 ; Banbura & Zielinski, 1998). Chez les oiseaux, la littérature a souvent attribué cette diminution à une détérioration progressive des ressources alimentaires (Askenmo, 1982 ; Newton & Marquiss, 1984 ; Winkler & Allen, 1996) et à une différence qualitative des individus et/ou des territoires (Tortosa *et al.* 2003) : les couples en meilleures conditions pondent précocement plus d'œufs que ceux en mauvaises conditions et en mauvais territoires.

Les similarités avec la population d'Hirondelles rustiques d'Annaba (Sakraoui *et al.*, 2005) ont aussi concerné la baisse, entre la première et la seconde ponte, du nombre d'œufs éclos et de la productivité globale. Ce cas de figure a été aussi enregistré en Écosse par Thompson (1992) et Ward (1992), aux USA par Brown & Brown (1999), en Italie par Ambrosini *et al.* (2006) et très récemment en Slovaquie par Országhová (2013). La présente étude a aussi montré que le nombre de facteurs agissant sur les paramètres de reproduction des Hirondelles rustiques de Guelma a augmenté en passant de un pour la taille initiale de ponte ("date"), à deux pour le nombre d'œufs éclos ("date" ; "ordre de ponte"), puis à trois pour la productivité globale ("date" ; "ordre de ponte" ; "année"). Bien que la variabilité annuelle de la réussite des nids soit un fait commun en Algérie (Sakraoui *et al.*, 2005), il n'en demeure pas moins qu'au cours de la période d'étude (2012 et 2013), sa manifestation exclusive au seul stade du succès total de la reproduction reste assez particulière. Il est probable que le prolongement de l'application des insecticides dans l'espace interne des bâtiments résidentiels de Guelma en 2013 par rapport à 2012 soit à l'origine de cette variation. Les conditions locales sont donc à l'origine de la variation annuelle enregistrée comme cela fut aussi annoncé par Ribault (1983). L'effet du traitement insecticide semble sous-jacent à celui de l'année. L'application des insecticides serait d'autant plus préjudiciable pour les poussins que les parents sont en quête de nourriture (champs de culture limitrophes). En Espagne, Cabello de Alba (2002) a aussi soulevé l'effet de l'application d'un traitement aérien massif à *Bacillus thuringiensis* sur la diminution du succès de reproduction chez cette espèce. Dans leur synthèse en relation avec la stratégie de rétablissement des populations d'Hirondelles rustiques en Ontario, Heagy *et al.* (2014) ont aussi mis l'accent sur les effets néfastes, voire dévastateurs, des contaminants de l'environnement, des pesticides et de la pollution sur la reproduction et la survie de ce passereau.

Contrairement à nos résultats, des études antérieures ont signalé une diminution significative des paramètres de reproduction étudiés entre la première et la seconde ponte (Sakraoui *et al.*, 2005 ; Turner & Kopachena, 2009 ; Zduniak *et al.*, 2011), une différence annuelle significative de la taille moyenne de ponte et du nombre d'œufs éclos (Sakraoui *et al.* 2005) et une variation spatiale de la survie des nids (Zduniak *et al.*, 2011). Comme tout organisme vivant (McCarty & Winkler, 1999), les performances de reproduction de l'Hirondelle rustique peuvent varier selon la localité, l'année et la saison. Ils peuvent aussi s'améliorer ou diminuer selon l'intensité des facteurs biotiques et/ou abiotiques entrants en jeu. Le schéma de variation attesté à Guelma, en 2012 et 2013, peut ne pas perdurer dans les années à venir. Si Ambrosini *et al.* (2006) sont convaincus que les parents Hirondelles rustiques du Nord de l'Italie avaient des décisions complexes à prendre quant au choix du moment optimal de la reproduction et du micro-habitat, nous sommes aussi convaincus que ceux de Guelma ont des décisions complexes à prendre pour optimiser la réussite de leur reproduction. En effet, ces derniers doivent faire face à une grande pression anthropique et, fort probablement, à une raréfaction des ressources alimentaires en fin de saison de reproduction (*e.g.* Hart *et al.*, 2006).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La présente étude a permis d'aborder la dynamique de reproduction de l'Hirondelle rustique dans un environnement urbain Nord-Africain. Bien que cette installation soit en apparence bénéfique (les humains résidants ne dérangent pas les couples nicheurs), cet oiseau y subit malheureusement le préjudice des traitements aux insecticides réalisés par le bureau de la protection sanitaire de l'environnement urbain de la ville de Guelma. D'autres facteurs, à ce jour non étudiés, peuvent aussi se combiner à cet effet pour affecter cette population. Il apparaît donc important, voire nécessaire, d'étudier la richesse spécifique et l'abondance des insectes durant la période de nidification. Il serait aussi utile de s'attacher à l'étude des paramètres de reproduction en relation avec les activités agricoles sachant que (i) notre complexe résidentiel est en grande partie entouré de champs de cultures et de vergers et que (ii) l'agriculture moderne est connue pour impacter négativement sur les populations animales (Costantini *et al.*, 2014). Une analyse approfondie des relations entre l'activité de reproduction et le contexte environnemental s'avère donc incontournable pour mettre en œuvre des mesures de gestion visant à améliorer les conditions locales de reproduction de cette population urbaine. Si les effets des conditions climatiques n'ont pas été clairement mis en évidence, c'est peut-être parce que le suivi a été effectué sur une très courte durée (probabilité faible, voire nulle, de rencontrer des événements météorologiques défavorables). Pour pallier cela, il est nécessaire d'entamer un suivi à plus long terme qui renseignera davantage sur les effets de ces facteurs abiotiques, à l'instar de ce qui a été réalisé, très récemment, aux États-Unis (García-Pérez *et al.* 2014).

Dans l'immédiat, et dans un but de protection, il est impératif de sensibiliser les services communaux quant aux effets néfastes de ces traitements sur le succès de reproduction de cette population. Envisager un traitement larvaire des insectes par un produit ne présentant pas un large spectre d'activité durant les trois mois précédant la reproduction (de janvier à mars), nous semble très opportun pour d'une part atténuer l'effet des activités anthropiques et d'autre part soulager l'espèce durant sa phase de reproduction.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous les habitants de la cité "le course" pour leur compréhension. Ils remercient aussi toutes les personnes qui les ont aidés sur le terrain, principalement, Messieurs Hafid Brahmia, Ali Zeraoula, Meriem Rouaiguia et Fadhila Kafi, le personnel du bureau de la protection sanitaire de l'environnement urbain de la ville de Guelma ainsi que les trois relecteurs anonymes qui ont commenté une première version de ce texte.

RÉFÉRENCES

- AMBROSINI, R., FERRARI, R.P., MARTINELLI, R., ROMANO, M. & SAINO, N. (2006).— Seasonal, meteorological, and micro-habitat effects on breeding success and offspring phenotype in the Barn Swallow, *Hirundo rustica*. *Ecoscience*, 13: 298-307.
- AMBROSINI, R. & SAINO, N. (2010).— Environmental effects at two nested spatial scales on habitat choice and breeding performance of Barn Swallow. *Evol. Ecol.*, 24: 491-508.
- AMBROSINI, R., SAINO, N., RUBOLINI, D. & MØLLER, A. (2011).— Higher degree-days at the time of breeding predict size of second clutches in the Barn Swallow. *Climate Research*, 50: 43-50.
- ASKENMO, C. (1982).— Clutch size flexibility in the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Ardea*, 70: 189-196.
- BAÑBURA, J. (1986).— Sexual dimorphism in wing and tail length as shown by the Swallow, *Hirundo rustica*. *J. Zool., Lond.*, 210: 131-136.
- BAÑBURA, J. & ZIELIŃSKI, P. (1998).— An analysis of egg-size repeatability in Barn Swallows *Hirundo rustica*. *Ardeola*, 45: 183-192.
- BRIGHT, J.A., MORRIS, A.J. & WINSPEAR, R. (2008).— *A review of indirect effects of pesticides on birds and mitigating land-management practices*. Research Report 28, Royal Society for the Protection of Birds, UK.

- BROWN, C.R. & BROWN, M.B. (1999).— Fitness components associated with clutch size in Cliff Swallows. *Auk*, 116: 467-486.
- BURNHAM, K.P. & ANDERSON, D.R. (2002).— *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach*, (2nd edition). Springer-Verlag, New York.
- CABELLO DE ALBA, F. (2002).— Disminución del éxito reproductor de la Golondrina común *Hirundo rustica* tras un tratamiento aéreo masivo con *Bacillus thuringiensis*. *Ardeola*, 49: 91-95.
- COSTANTINI, D., DELL'OMO, G., LA FATTA, I. & CASAGRANDE, S. (2014).— Reproductive performance of Eurasian Kestrel *Falco tinnunculus* in an agricultural landscape with a mosaic of land uses. *Ibis*, 154: 768-776.
- CRAMP, S. (1988).— *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic, Vol. V*. Oxford University Press, Oxford.
- CRAWLEY, M. (2005).— *Statistics: An introduction using R*. John Wiley & Sons, West Sussex.
- DEBIECHE, T.H. (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.
- 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.
- EVANS, K.L., WILSON, J.D. & BRADBURY, R.B. (2003).— Swallow *Hirundo rustica* population trends in England: data from repeated historical surveys. *Bird Study*, 50: 178-181.
- GARCÍA-PÉREZ, B., HOBSON, K.A., ALBRECHT, G., CADMAN, M.D. & SALVADORI, A. (2014).— Influence of climate on annual survival of Barn Swallows (*Hirundo rustica*) breeding in North America. *Auk*, 131: 351-362.
- HART, J.D., MILSON, T.P., FISHER, G., WILKINS, V., MOREBY, S.J., MURRAY, A.W.A. & ROBERTSON, P.A. (2006).— The relationship between Yellowhammer breeding performance, arthropod abundance and insecticide applications on arable farmland. *J. Appl. Ecol.*, 43: 81-91.
- HASEGAWA, M. & ARAI, E. (2013).— Divergent tail and throat ornamentation in the Barn Swallow across the Japanese islands. *J. Ethol.*, 31: 79-83.
- HASEGAWA, M., ARAI, E., WATANABE, M. & NAKAMURA, M. (2010).— Mating advantage of multiple male ornaments in the Barn Swallow *Hirundo rustica gutturalis*. *Ornith. Sci.*, 9: 141-148.
- HASEGAWA, M., ARAI, E., WATANABE, M. & NAKAMURA, M. (2012).— Female mate choice based on territory quality in Barn Swallows. *J. Ethol.*, 30: 143-150.
- HASEGAWA, M., ARAI, E., WATANABE, M. & NAKAMURA, M. (2014).— Male viability is positively related to multiple male ornaments in Asian Barn Swallows. *J. Ornith.*, 155: 389-397.
- HEAGY, A., BADZINSKI, D., BRADLEY, D., FALCONER, M., MCCRACKEN, J., REID, R.A. & 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.
- HUIN, N. & SPARKS, T.H. (2010).— Arrival and progression of the Swallow *Hirundo rustica* through Britain. *Bird Study*, 45: 361-370.
- KARLSSON, B. & WIKLUND, C. (2005).— Butterfly life history and temperature adaptations; dry open habitats select for increased fecundity and longevity. *J. Anim. Ecol.*, 74: 99-104.
- KONDELKA, D. (1985).— Clutch size and losses during breeding in the Swallow (*Hirundo rustica*) in the northern Moravian Region (CSSR). *Folia Zool.*, 34: 149-158.
- KOPIJ, G. & POLIT, M. (2014).— Les variations saisonnières de la grandeur des pontes et de la réussite de la reproduction de l'Hirondelle rustique *Hirundo rustica*, en relation avec l'emplacement des colonies et le type de bâtiments agricoles occupés. *Alauda*, 82: 63-69.
- LÖHRL, H. & GUTSCHER, H. (1973).— Zur Brutökologie der Rauchschnalbe in einem sudwestdeutschen Dorf. *J. Ornithology*, 114: 339-416.
- LOSKE, K.H. (1989).— Zur Brutökologie der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) in Mittelwestfalen. *Vogelwelt*, 110: 59-82.
- LE MAREC, M. & LEMOINE, T. (2011).— *Étude des hirondelles sur le territoire communal de Saint Rémy (France)*. Rapport d'étude. Mairie de Saint-Rémy.
- MCCARTY, J.P. & WINKLER, D.W. (1999).— Relative importance of environmental variables in determining the growth of nestling Tree Swallows *Tachycineta bicolor*. *Ibis*, 141: 286-296.
- MCGINN, D.B. & CLARK, H. (1978).— Some measurements of Swallow breeding biology in low land Scotland. *Bird Study*, 25: 109-118.
- MØLLER, A.P. (1989).— Population-dynamics of a declining Swallow *Hirundo rustica* population. *J. Appl. Ecol.*, 58: 1051-1063.
- MØLLER, A.P. (1994).— *Sexual selection and the Barn Swallow*. Oxford University Press, Oxford.
- MØLLER, A.P. (2001).— The effect of dairy farming on Barn Swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction. *J. Appl. Ecol.*, 38: 378-389.
- MØLLER, A.P. (2004).— Protandry, sexual selection and climate change. *Glob. Change. Biol.*, 10: 2028-2035.

- MØLLER, A.P. (2011).— Behavioral and life history responses to extreme climatic conditions: Studies on a migratory songbird. *Current Zool.*, 57: 351-362.
- MØLLER, A.P. (2013).— Long-term trends in wind speed, insect abundance and ecology of an insectivorous bird. *Ecosphere*, 4 (1): 6.
- NEBEL, S., MILLS, A.M., MCCRACKEN J.D. & TAYLOR, P.D. (2010).— Declines of aerial insectivores in North America follow a geographic gradient. *Avian Conserv. Ecol.*, 5 (2): 1.
- NEWTON, I. & MARQUISS, M. (1984).— Seasonal trends in breeding performance of Sparrowhawks. *J. Anim. Ecol.*, 53: 809-831.
- ORSZÁGHOVÁ, Z. (2013).— Breeding biology of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*) in the surroundings of Bratislava (Slovakia). *Fol. Faunist. Slovaca*, 18: 91-95.
- POLAK, M. & KASPRZYKOWSKI, Z. (2013).— The effect of weather conditions on the breeding biology of the Eurasian Bittern *Botaurus stellaris* in eastern Poland. *Ethol. Ecol. & Evol.*, 25: 243-252.
- R CORE DEVELOPMENT TEAM. (2009).— *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- RIBAULT, J.-P. (1983).— Variations annuelles dans la biologie de reproduction de l'Hirondelle rustique *Hirundo rustica*. *Nos Oiseaux*, 37: 101-116.
- ROBINSON, R.A., CRICK, H.Q.P. & PEACH, W.J. (2003).— Population trends of Swallows *Hirundo rustica* breeding in Britain. *Bird Study*, 50: 1-7.
- SAFRAN, R.J. (2004).— Adaptive site selection rules and variation in group size of Barn Swallows: individual decisions predict population patterns. *Am. Nat.*, 164: 121-131.
- SAFRAN, R.J. (2006).— Nest site selection in the Barn Swallow *Hirundo rustica*: What predicts seasonal reproductive success? *Canad. J. Zool.*, 84: 1533-1539.
- SAINO, N., ROMANO, M., AMBROSINI, R., FERRARI, R.P. & MØLLER, A.P. (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. & BAÑBURA, J. (2005).— Breeding biology of Barn Swallows *Hirundo rustica* in Algeria, North Africa. *Ornis Fennica*, 82: 33-43.
- THOMPSON, M.L.P. (1992).— *Reproductive success and survival of Swallows (Hirundo rustica). Effect of age and breeding conditions*. Ph.D. thesis, University of Stirling, Stirling.
- TORTOSA, F.S., PÉREZ, L. & HILLSTRÖM, L. (2003).— Effect of food abundance on laying date and clutch size in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 50: 112-115.
- TURNER, A. (2006).— *The Barn Swallow*. T & AD Poyser, London.
- TURNER, K.T. & KOPACHENA, J.G. (2009).— Breeding biology of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*) in northeast Texas with temporal and geographic comparisons to other North American studies. *Texas J. Science*, 61: 131-146.
- VAN DEN BRINK, B., BIJLSMA, R.G. & VAN DER HAVE, T. (2000).— European Swallows *Hirundo rustica* in Botswana during three consecutive non-breeding seasons: the effects of rainfall on moult. *Ostrich*, 71: 198-204.
- VAQUERO-ALBA, I. (2011).— *Animal sexual signals: Do they maximise or optimise information content?* PhD thesis. University of Exeter, UK.
- VIETINGHOFF-RIESCH, A. (1955).— *Die Rauchschnalbe*. Duncker & Humblot, Berlin.
- WARD, S. (1992).— *Energetic of laying and incubation in birds. Studies of Swallows Hirundo rustica, Dippers Cinclus cinclus and Japanese Quail Coturnix coturnix japonica*. Ph.D. thesis, University of Stirling, Stirling.
- WINKLER, D.W. & ALLEN, P.E. (1996).— The seasonal decline in Tree Swallow clutch size: physiological constraint or strategic adjustment? *Ecology*, 77: 922-932.
- ZDUNIAK, P., CZECHOWSKI, P. & JĘDRO, G. (2011).— The effect of nesting habitat on reproductive output of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*). A comparative study of populations from atypical and typical nesting habitats in western Poland. *Belg. J. Zool.*, 141: 38-43.
- ZWARTS, L., BIJLSMA, R.B., VAN DER KAMP, J. & WYMENGA, E. (2010).— *Living on the edge. Wetlands and birds in a changing Sahel*. Zeist: KNNV Publishing.

ANNEXE 1

Analyse des régressions simples permettant de tester, en chaque période phénologique, les relations entre les trois paramètres météorologiques (température moyenne, précipitations cumulées et vitesse moyenne des vents des maxima journaliers) de Guelma, Algérie, 2012-2013

		Précipitation	Vitesse des vents	Date Julian
Période de ponte (n = 87)	Température	-0,701**	-0,130	0,905**
	Précipitation		-0,122	-0,641**
	Vitesse des vents			0,050
Période d'incubation (n = 86)	Température	-0,622**	0,399	0,933**
	Précipitation		-0,742**	-0,656**
	Vitesse des vents			0,492*
Période totale de la reproduction (n = 86)	Température	-0,687**	-0,454**	0,922**
	Précipitation		0,120	-0,627**
	Vitesse des vents			-0,437**

ANNEXE 2

Résultats des analyses de la variance (ANOVA) permettant de tester, pour chaque période phénologique, les relations entre les variables quantitatives continues (température moyenne, précipitations cumulées, vitesse moyenne des vents des maxima journaliers et date Julian) et les variables qualitatives (année et ordre de la ponte) à Guelma, Algérie, 2012-2013

		Année	Ordre de la ponte
Période de ponte (n = 87)	Température	$F = -2,009 ; p = 0,049$	$F = 11,820 ; p < 0,001$
	Précipitation	$F = -2,448 ; p = 0,016$	$F = -7,476 ; p < 0,001$
	Vitesse des vents	$F = 0,737 ; p = 0,463$	$F = 1,680 ; p = 0,096$
	Date	$F = -0,890 ; p = 0,376$	$F = 20,290 ; p < 0,001$
Période d'incubation (n = 86)	Température	$F = -2,667 ; p = 0,009$	$F = 13,48 ; p < 0,001$
	Précipitation	$F = 5,341 ; p < 0,001$	$F = -5,544 ; p < 0,001$
	Vitesse des vents	$F = -3,518 ; p < 0,001$	$F = 4,046 ; p < 0,001$
	Date	$F = -0,845 ; p = 0,369$	$F = 20,45 ; p < 0,001$
Période totale de la reproduction (n = 86)	Température	$F = 12,050 ; p < 0,001$	$F = 10,380 ; p < 0,001$
	Précipitation	$F = 6,815 ; p < 0,001$	$F = -4,971 ; p < 0,001$
	Vitesse des vents	$F = -0,630 ; p = 0,530$	$F = -5,349 ; p < 0,001$
	Date	$F = -0,766 ; p = 0,446$	$F = 21,020 ; p < 0,001$