



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة باجي مختار - عنابة  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Thèse

PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT ES SCIENCES  
OPTION : BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

Impact du régime alimentaire et du  
parasitisme sur la reproduction des populations  
de l'hirondelle de cheminée *Hirundo rustica*  
*rustica* dans le Nord – Est algérien

Présentée par : **Mme. SAKRAOUI RYM ép. DADCI**

Directeur de thèse

**M. BOULAKOUD Mohamed Salah** *Professeur* Université d'Annaba

Co directeur

**M. MØLLER Anders Pape** *Professeur* Université paris sud XI

Président

**M. TAHRAOUI Abdelkrim** *Professeur* Université d'Annaba

Examineurs

**M. HOUHAMDI Moussa** *Professeur* Université de Guelma

**M. SAHEB Menaouar** *MC A* Université d'Oum El Bouaghi

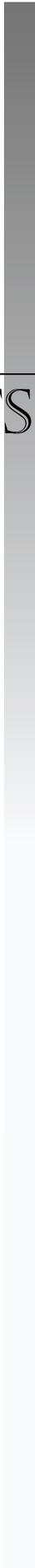
**M. OUAKID Mohamed** *Professeur* Université d'Annaba

Année universitaire 2011 / 2012



---

# REMERCIEMENTS



## REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord le Professeur **AbdelKrim Tahraoui** d'avoir accepté de juger ce travail et d'en présider le jury. Je tiens particulièrement à lui exprimer ma grande reconnaissance pour sa disponibilité et sa grande sympathie.

Mes pensées les plus émues vont au regretté, Professeur **Yassine Chabi**, à qui j'aurais tant aimé faire lire cette thèse. Il a non seulement été l'initiateur de ce thème de recherche mais aussi un véritable guide auprès duquel j'ai énormément appris. Je ne saurais exprimer à quel point je suis fière d'avoir été l'élève de ce grand homme de science et de cœur, et d'avoir jouit d'un protectorat quasi paternel et d'une générosité dans la transmission du savoir et des nobles valeurs qui lui donnaient cette aura si exceptionnelle. Je lui serais éternellement reconnaissante et je m'attacherai toute ma vie à transmettre cet héritage si précieux aux générations futures.

Je tiens particulièrement à exprimer ma plus grande gratitude au Professeur **Mohammed Salah Boulakoud** mon directeur de thèse, qui m'a non seulement aidé à finaliser ce travail, mais qui a grandement contribué à me faire dépasser un cap difficile après la disparition du Professeur **Chabi**. Je tiens à lui exprimer toute ma reconnaissance pour avoir été si patient, si compréhensif et si présent. Je ne saurais oublier que si ce travail a vu le jour, c'est vraiment grâce à ces mots si justes qu'il a su trouver pour me redonner l'envie d'aller de l'avant.

Je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance à mon co directeur de thèse et maître de stage le Professeur **Anders Pape Moller**, pour l'accueil et les conditions de travail privilégiées qui m'ont été offertes au sein de son laboratoire. Je ne le remercierai jamais assez pour tous ses encouragements et son soutien inconditionnel.

Je tiens à remercier le Professeur **Moussa Houhamdi** de m'avoir fait bénéficier, avec la plus extrême gentillesse, de vifs encouragements et de précieux conseils et surtout d'une grande disponibilité. Qu'il me soit permis de lui témoigner ma respectueuse reconnaissance pour avoir accepté de juger ce travail.

Je remercie le Professeur **Mohamed Ouakid** pour sa sympathie et ses généreux encouragements. Je le remercie vivement d'avoir répondu favorablement pour juger ce travail.

Un grand et chaleureux merci à **Mme Claudy** pour son aide si précieuse et mon initiation à plusieurs techniques de laboratoire. Merci pour les après midi passés ensemble à sillonner les rues et monument de Paris.

Un grand merci à tous mes collègues du département de Biologie pour leurs encouragements et leur sympathie.

Mes remerciements vont aussi à ma famille et mes amis qui, avec cette question récurrente, « quand est ce que tu la soutien cette thèse ? », bien qu'angoissante en période fréquente de doutes, m'ont permis de ne jamais me dévier de mon objectif final. Merci à **Feriel, Malik, Mehdi, Sofiane, Nadia** et la famille de **Walid, Mémé Salikha, Moufida** et ses enfants, **Billel, Rochedi, Lamine** et sa fille. Et à mes amis : **Loulou, Nadia, Naouel, Raouf, Samir** et **Kahina, Les Sammar, Les Boukheroufa, Les Taouche, Les Bensaid** et tant d'autres...

Une tendre pensée pour ma chère tante **Chebira - Sakraoui Souad** et mon beau père **M. Daddi Abdelouahab** disparus beaucoup trop tôt et dont je garde un souvenir impérissable.

Mes sentiments les plus affectueux vont vers mes **parents**. Leur présence et leurs encouragements sont pour moi les piliers fondateurs de ce que je suis et de ce que je fais.

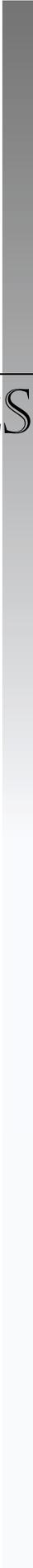
Enfin, Je tiens à dédier ce travail à ma petite famille **DADC9 : Walid, Sara & Ines**. Qui m'a toujours entourée de son amour. C'est grâce à vous trois que ma vie est encore plus belle et plus joyeuse. Vous êtes le plus beau cadeau que Dieu peut donner à une femme et à une mère. J'espère que vous serrez fièrent de moi !!

RYM



---

# RESUMES



## RESUME

Notre problématique tend à caractériser l'impact du régime alimentaire et des ectoparasites sur la reproduction de l'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica rustica*) dans un milieu urbain du Nord Est algérien.

Les résultats montrent que la date d'arrivée des Hirondelles de cheminée dans notre région se situe vers la mi-février, le départ vers les quartiers d'hiver, a lieu à la mi-septembre. Le déclenchement de la reproduction se fait selon un gradient croissant de latitude, avec deux pontes par saison de reproduction mais une grandeur de ponte qui diminue au cours de la saison de reproduction. Le nombre d'œufs éclos et le nombre de jeunes à l'envol présentent des moyennes plus importantes pendant la première ponte, mais relativement faibles pendant la seconde. Enfin, le succès de la reproduction et à l'envol montrent globalement des pourcentages élevés similaires entre les deux pontes.

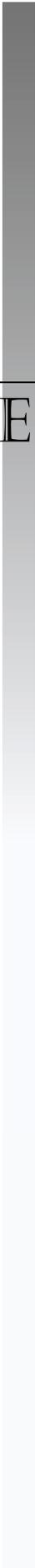
Les données relatives au régime alimentaire montrent une composition spécifique diversifiée, variable entre les deux pontes avec une diversification plus marquée en seconde ponte. La caractérisation des ectoparasites du nid a mis en évidence trois espèces de Mites, deux espèces de Poux et une espèce de Puces. Le calcul des indices parasitaires montre que ce sont les Mites qui enregistrent les indices les plus importants, suivi par les Poux et les Puces. La comparaison entre le témoin et le lot expérimental déparasité, montre une action directe des ectoparasites sur plusieurs paramètres de la reproduction (Nombre de jeunes à l'envol, succès à l'envol et succès de la reproduction) et ceci pour la première ponte où l'on compte le plus de nichées infestées. En seconde ponte, les résultats ne montrent pas d'effet du parasitisme sur les pulli. La croissance pondérale des oisillons de première ponte semble être affectée par l'effet des ectoparasites à partir de l'âge de 9 jours et jusqu'à l'envol des oisillons. En seconde ponte, aucun effet n'a été constaté sur le poids pendant la croissance. Concernant les paramètres morphologiques, les résultats ne montrent pas de différences entre les deux lots sauf pour la longueur de l'aile qui est plus importante chez les pulli issus du lot traité de première ponte. La mesure de l'hématocrite nous a permis de constater une différence entre les deux lots et ceci pendant la première ponte.

***Mots clés : Hirundo rustica rustica – Reproduction – paramètres morphologiques – Régime alimentaire – ectoparasitisme – courbe de croissance des pulli***



---

# SOMMAIRE



# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
MATERIEL ET METHODES.....	10
1. Zone d'étude.....	10
1.1. Relief.....	10
a) Le massif de l'Edough.....	10
b) Plaines d'Annaba.....	11
c) Cordon dunaire littoral.....	11
1.2. Hydrologie.....	11
1.3. Caractères climatiques.....	12
1.3.1. Température.....	12
1.3.2. Pluviosité.....	13
1.3.3. Bioclimat et végétation.....	13
2. Modèle biologique.....	14
2.1. Systématique.....	14
2.2. Morphologie.....	15
2.3. Taxonomie et distribution.....	16
2.4. Reproduction.....	18
2.5. Régime alimentaire.....	19
2.6. Migration.....	20
3. Méthodologie générale.....	20
3.1. Sites échantillonnés.....	20
3.2. Méthode d'échantillonnage.....	23
3.2.1. Paramètres de la reproduction.....	23
3.2.2. Paramètres des pulli.....	24
3.2.2.1. Paramètres morphologiques.....	24
3.2.2.2. Hématocrite des pulli.....	25
3.2.3. Régime alimentaire des pulli de l'Hirondelle de cheminée.....	25
3.2.3.1. Pose de colliers.....	25
3.2.3.2. Récolte de proies.....	25
3.2.3.3. Conservation et identification des proies.....	26
3.2.3.4. Fréquences de nourrissage.....	26
3.2.4. Ecologie ectoparasitaire.....	26
3.2.4.1. Identification et quantification des ectoparasites des nids.....	26
3.2.4.2. Evaluation de l'effet expérimental du déparasitage des nids.....	27
3.3. Analyse statistique des données.....	28
RESULTATS.....	29
1. PARAMETRES DE LA REPRODUCTION DE L'HIRONDELLE DE CHEMINEE	30
1.1. Date et période de ponte.....	30
1.2. Grandeur de ponte.....	33
1.3. Durée de l'incubation.....	41

1.4. Nombre d'œufs éclos.....	42
1.5. Succès à l'éclosion.....	50
1.6. Jeunes à l'envol.....	53
1.7. Succès à l'envol.....	60
1.8. Succès de la reproduction.....	62
2. PARAMETRES DES PULLI DE L'HIRONDELLE DE CHEMINEE.....	64
2.1. Masse à 15 jours.....	64
2.2. Longueur du tarse.....	66
2.3. Longueur de l'aile.....	67
2.4. Longueur de la queue.....	69
2.5. Hématocrite.....	70
3. ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE DES PULLI DE L'HIRONDELLE DE CHEMINEE.....	73
3.1. Fréquences de nourrissage des pulli.....	73
3.2. Comptage des proies.....	89
3.3. Composition du régime alimentaire des pulli.....	92
4. ETUDE DES ECTOPARASITES DE L'HIRONDELLE DE CHEMINEE.....	98
4.1. Identification des ectoparasites des nids.....	98
a) <i>Ornithonyssus bursa</i> .....	99
b) <i>Pellonyssus</i> .....	99
c) <i>Myrsidea rustica et Hirundoecus malleus</i> .....	99
d) <i>Ceratophyllus hirundinis</i> .....	99
4.2. Quantification des ectoparasites des nids.....	100
4.3. Effet des ectoparasites sur les pulli de l'Hirondelle de cheminée.....	103
DISCUSSION.....	115
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	140
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

## LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Connections entre l'environnement et les populations	2
2	Le modèle Sherry-Holmes pour comprendre la limitation de la population chez les oiseaux migrateurs.	5
3	Théorème de la valeur marginale	6
4	Situation géographique de la wilaya d'Annaba.	12
5	<i>Hirundo rustica</i> 1 : mâle adulte ; 2 : femelle adulte ; 3 : juvénile.	15
6	Distribution géographique des différentes sous espèces d'Hirondelle de cheminée. [(a) aire de reproduction, (b) aire d'hivernage]	17
7	Aire de nidification de l'Hirondelle rustique ( <i>Hirundo rustica</i> ) en Europe et en Afrique du Nord	18
8	Trajet migratoire des Hirondelles	20
9	Zone d'étude	21
10	Site d'étude El Bouni	21
11	Répartition saisonnière des pontes durant la première (a) et la seconde ponte (b) en 2003 de l'Hirondelle de cheminée	30
12	Répartition saisonnière des pontes durant la première (a) et la seconde ponte (b) en 2004 de l'Hirondelle de cheminée	31
13	Répartition saisonnière des pontes durant première (a) et la seconde ponte (b) en 2005 de l'Hirondelle de cheminée	31
14	Répartition saisonnière des pontes durant première (a) et la seconde ponte (b) en 2003 de l'Hirondelle de cheminée	32
15	Variation de la date de ponte (pour les premières et secondes pontes) durant les saisons d'étude	33
16	Pourcentages des tailles de ponte pour la première (a) et seconde (b) ponte de l'année 2003	34
17	Relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte durant la saison de reproduction 2003	35
18	Pourcentages des tailles de pontes pour la première (a) et seconde (b) ponte de l'année 2004	35
19	Relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte durant la saison de reproduction 2004	36

20	Pourcentages des tailles de pontes pour la première et seconde ponte de l'année 2005	37
21	Pourcentages des tailles de pontes pour la première et seconde ponte de l'année 2005	37
22	Pourcentages des tailles de pontes pour la première et seconde ponte de l'année 2006	38
23	Relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte durant la saison de reproduction 2006	39
24	Variation de la grandeur de ponte durant les saisons d'étude pour les premières et les secondes pontes	40
25	Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003	43
26	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003.	44
27	Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2004	44
28	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2004.	45
29	Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005	46
30	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005.	47
31	Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006	48
32	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.	49
33	Variation du nombre d'œufs éclos durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes	50
34	Relation entre la date de ponte et le succès à l'éclosion chez l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003	51
35	Relation entre la date de ponte et le succès à l'éclosion chez l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005	52

36	Relation entre la date de ponte et le nombre de jeunes à l'envol de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003	54
37	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003.	54
38	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2004.	55
39	Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005	56
40	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005.	57
41	Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006	58
42	Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.	58
43	Variation du nombre de jeunes à l'envol durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes	60
44	Variation du succès à l'envol durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes	62
45	Variation du succès de la reproduction durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes	64
46	Variation de l'hématocrite durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes	72
47	Relation entre la fréquence de nourrissage à 5 jours et le nombre d'oisillons dans le nid durant la première ponte de 2004	79
48	Fréquences de nourrissage par heure et par oisillon pour les pulli issus de la première et la seconde ponte durant l'année 2003 et 2004.	88
49	Variation du nombre de proies par pool alimentaire	90
50	Variation du nombre de proies cumulé en fonction de l'âge des oisillons	91
51	Variation du nombre de proies en fonction de l'âge des pulli.	92
52	Régime alimentaire des oisillons de l'Hirondelle de cheminée	93
53	Variation du régime alimentaire des pulli	94
54	Variation du régime alimentaire des pulli durant la première et la seconde ponte	95

55	Comparaison du régime alimentaire des pulli de l'Hirondelle de cheminée issue de la première et la seconde ponte	96
56	Indice de diversité de Shannon Weaver du régime alimentaire pour la première et la seconde ponte	97
57	Abondance des ectoparasites dans les nids de l'Hirondelle de cheminée	100
58	Intensité moyenne des ectoparasites dans les nids de l'Hirondelle de cheminée	101
59	Prévalence des ectoparasites dans les nids de l'Hirondelle de cheminée	101
60	Pourcentages d'infestation des nids de l'Hirondelle de cheminée par les parasites	103
61	Variation de la charge parasitaire durant la saison de reproduction 2006 de l'Hirondelle de cheminée	104
62	Relation entre la date de ponte et la charge parasitaire durant la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée	105
63	Relation entre le nombre de jeunes à l'envol et la charge parasitaire durant la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée	108
64	Croissance pondérale des oisillons durant la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée pendant la saison de reproduction 2006.	110
65	Relation entre la charge parasitaire et le poids à 9 jours des pulli issus de la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.	111
66	Relation entre la charge parasitaire et le poids à 15 jours des pulli issus de la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.	112

## LISTE DES PHOTOS

N°	Titre	Page
1	Hirondelle de cheminée	14
2	Site d'étude El Bouni	22
3	Site d'étude El Bouni	22
4	Emplacement des nids d'Hirondelle de cheminée	22
5	Emplacement des nids d'Hirondelle de cheminée	22

## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Températures moyennes mensuelles (°C), Annaba [2003-2006].	13
2	Précipitations moyennes mensuelles (mm), Annaba [2003-2006].	13
3	Détermination de l'âge des poussins	24
4	Nombre de nids concernés par l'étude	29
5	Date de ponte chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	32
6	Grandeur de ponte chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	39
7	Durée de l'incubation chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	42
8	Nombre d'œufs éclos chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	49
9	Succès à l'éclosion chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	52
10	Nombre de jeunes à l'envol chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	59
11	Succès à l'envol des jeunes de l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	61
12	Succès de la reproduction chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	63
13	Masse à 15 jours des pulli de l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	65

14	Longueur du tarse des pulli de l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	67
15	Longueur de l'aile des pulli de l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	68
16	Longueur de la queue des pulli de l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	70
17	Hématocrite des pulli de l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	71
18	Fréquence de nourrissage moyenne des pulli durant la saison 2003 [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	74
19	Comparaison des fréquences de nourrissages en fonction de l'âge des pulli de la saison 2003	75
20	Relation entre la fréquence de nourrissage et le nombre d'oisillons présents dans le nid durant l'année 2003.	76
21	Fréquence de nourrissage moyenne des pulli durant la saison 2004 [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	77
22	Comparaison des moyennes des fréquences de nourrissages des pulli de la saison 2004	78
23	Relation entre la fréquence de nourrissage et le nombre d'oisillons présents dans le nid durant l'année 2004.	80
24	Comparaison de la fréquence de nourrissage entre les saisons de la reproduction 2003 et 2004	81
25	Fréquence de nourrissage moyenne par heure et par oisillon durant la saison 2003 [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	82
26	Comparaison des fréquences de nourrissages par heure par oisillon en fonction de l'âge des pulli durant la saison 2003	83
27	Relation entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon et le nombre de jeunes à l'envol, le succès à l'envol et le succès de la reproduction durant l'année 2003.	84
28	Fréquence de nourrissage moyenne par heure et par oisillon durant la saison 2004 [(effectif) ; moyenne $\pm$ écart type (min - max)]	85
29	Comparaison des fréquences de nourrissages par heure par oisillon en fonction de l'âge des pulli durant la saison 2004	86

30	Relation entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon et le nombre de jeunes à l'envol, le succès à l'envol et le succès de la reproduction durant l'année 2004.	87
31	Comparaison de la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon entre les saisons de la reproduction 2003 et 2004	88
32	Nombre total des proies récoltées durant les saisons de reproduction 2003 et 2004 pour la première et la seconde ponte de l'espèce.	89
33	Nombre moyen de proies par pool alimentaire	89
34	Ectoparasites retrouvés dans les nids des populations d'Hirondelle de cheminée	98
35	Prévalence, abondance et intensité des espèces parasites de l'Hirondelle de cheminée présents dans les nids [(moyenne $\pm$ écart type) (min – max)]	102
36	Paramètres de la reproduction de l'Hirondelle de cheminée pour les nids issus du lot témoin et du lot traité (expérimental) durant la première ponte	106
37	Paramètres de la reproduction de l'Hirondelle de cheminée pour les nids issus du lot témoin et du lot traité (expérimental) durant la seconde ponte	107
38	Croissance pondérale des oisillons issus du lot témoin et du lot expérimental (traité) durant la première ponte de la saison de reproduction 2006.	109
39	Croissance pondérale des oisillons issus du lot témoin et du lot expérimental (traité) durant la seconde ponte de la saison de reproduction 2006.	110
40	Paramètres morphologiques des pulli issus du lot témoin et du lot traité durant la première ponte de la saison de reproduction 2006.	113
41	Paramètres morphologiques des pulli issus du lot témoin et du lot traité durant la seconde ponte de la saison de reproduction 2006.	113
42	Hématocrite des pulli issus du lot témoin et du lot traité durant la première et la seconde ponte de la saison de reproduction 2006.	114
43	Date de ponte du premier œuf pour la première et seconde ponte dans différentes parties de l'aire de nidification de l'Hirondelle de cheminée	118
44	Grandeurs de pontes moyennes de différentes études.	121
45	Durée de l'incubation et nombre d'œufs éclos pour différentes populations d'Hirondelle de cheminée réparties dans plusieurs régions.	122
46	Composition du régime alimentaire des adultes et des pulli de l'Hirondelle de cheminée durant la période de reproduction (exprimée en pourcentages) (in Turner, 2006. Amélioré)	129

47	Prévalence (%) et intensité des ectoparasites des nids de l'Hirondelle de cheminée ( <i>Hirundo rustica rustica</i> ) au Danemark et en Algérie (Møller, 1994. Réactualisé)	135
----	---	-----



---

# INTRODUCTION





---

## INTRODUCTION

Pourquoi et comment les organismes évoluent ils de façon à maximiser leur succès reproducteur ? Telle est la question récurrente en écologie évolutive. Il existe plusieurs manières d'aborder cette question mais à plusieurs niveaux, tels que la génétique, la physiologie, les comportements ou l'analyse des traits d'histoire de vie (**Fox & al., 2001 ; Roff, 2002**).

Depuis les trente dernières années, l'étude des traits d'histoire de vie connaît un véritable essor. Les organismes vivants acquièrent des ressources qu'ils trouvent, ou extraient activement, dans leur environnement et les allouent à différentes fonctions : leur développement, leur survie (éviter les prédateurs ou les parasites), et leur reproduction. Cette dernière fonction comporte plusieurs composantes : l'âge de maturité, le nombre de descendants et leur qualité (taille à la naissance et à l'âge adulte, capacité à survivre) (**Lessells, 1991 ; Roff, 1992 ; Stearns, 1992 ; Michalakis, 2007**). Cependant, ceci ne peut être atteint que via des adaptations écologiques, anatomiques, comportementales ou encore physiologiques qui permettent aux organismes de faire face à des compromis (*Trade-off*) entre l'énergie allouée à la survie, la croissance et la reproduction. Pour les organismes adultes, chez lesquels l'essentiel de la croissance est généralement terminée, le compromis majeur s'opère entre la reproduction et la survie (**Cole, 1954 ; Levins, 1968 ; Maynard Smith, 1978**).

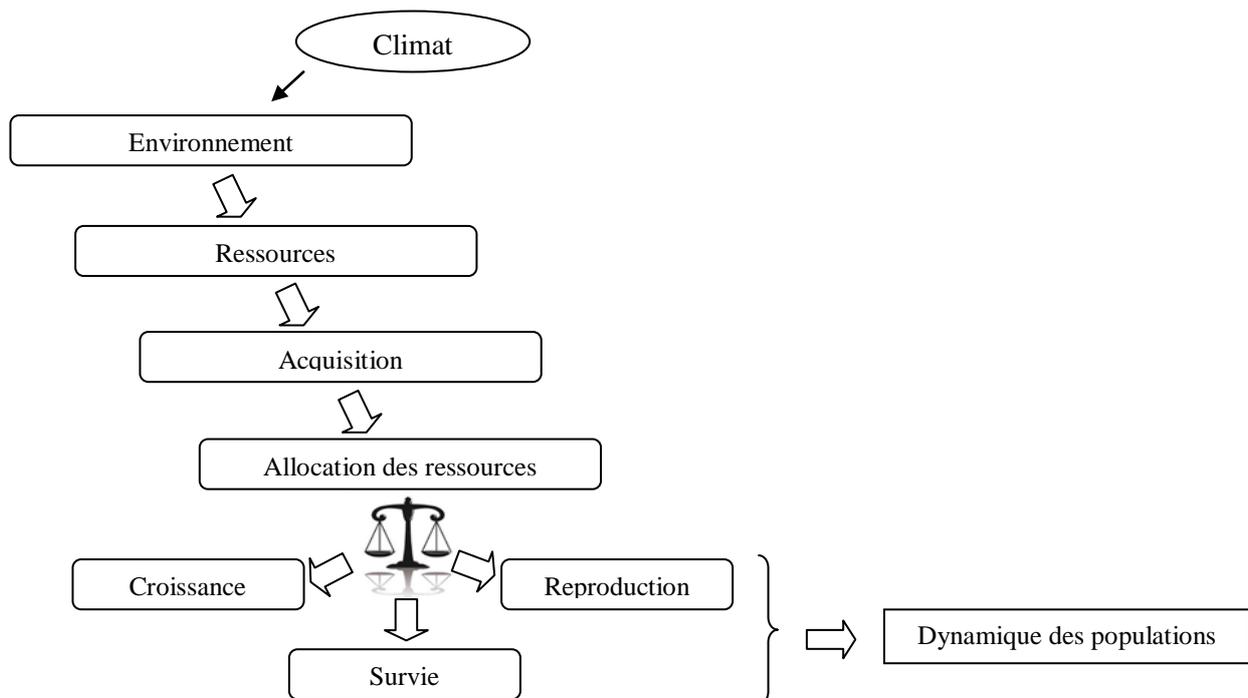
Toutefois, il existe des contraintes phylogéniques, génétiques et physiologiques qui traduisent un compromis adaptatif (**Stearns, 1992**) car il est impossible de voir des espèces présentant une combinaison entre trait d'histoire de vie et valeur maximale. Par exemple, un organisme présentant une forte fécondité, une longévité maximale et un âge précoce de première reproduction. Ce compromis adaptatif se traduit par des compromis d'allocation entre les voies concurrentielles que sont la croissance, la maintenance et la reproduction (**Cole, 1954 ; Stearns, 1992**). L'émergence de ces combinaisons adaptatives traduit, sous l'effet de la sélection, les réponses écologiques et évolutives à des contraintes données. Ceci va permettre une coadaptation des traits démographiques qui va augmenter la probabilité



qu'un individu maximise sa valeur sélective sur l'ensemble de sa vie dans un environnement donné (Zera et Harshman, 2001 ; Boggs, 1992 ; Stearns, 1992).

C'est lors de la saison de reproduction que s'exerce la pression de sélection évolutive favorisant les individus qui vont maximiser leur succès reproducteur (leur *fitness*). Le succès ou l'échec des individus accédant à la reproduction va conditionner la dynamique des populations en terme d'effectif, mais va également influencer sur le potentiel évolutif de l'espèce, au travers des caractères génétiques transmis par les parents aux jeunes produits au cours de la saison de reproduction. Or, pour la plupart des espèces, la saison de reproduction est un goulot d'étranglement énergétique pour les adultes (Ricklefs, 1983 ; Stearns, 1992) car ils doivent fournir un effort supplémentaire pour alimenter leur progéniture (Bevan *et al.*, 2002 ; Shaffer *et al.*, 2003).

Chez un organisme, l'acquisition de l'énergie va dépendre de la disponibilité des ressources dans l'environnement, (Figure 1) mais aussi de la capacité de ce dernier à trouver des proies. Celles-ci doivent être accessibles et abondantes au bon moment.



**Figure 1.** *Connections entre l'environnement et les populations, à travers les ressources disponibles, leur acquisition et leur allocation, influençant la dynamique des populations*

*(d'après Boggs, 1992).*



De ce fait, la phénologie de la reproduction (entrée en période de reproduction) va dépendre de la disponibilité des proies, elle-même sous la dépendance des conditions climatiques (**Durant et al., 2007**) et peut être décalée en fonction de ces paramètres (**Monaghan et al., 1992 ; Meijer&Drent, 1999 ; Barbraud & Weimerskirch, 2006**).

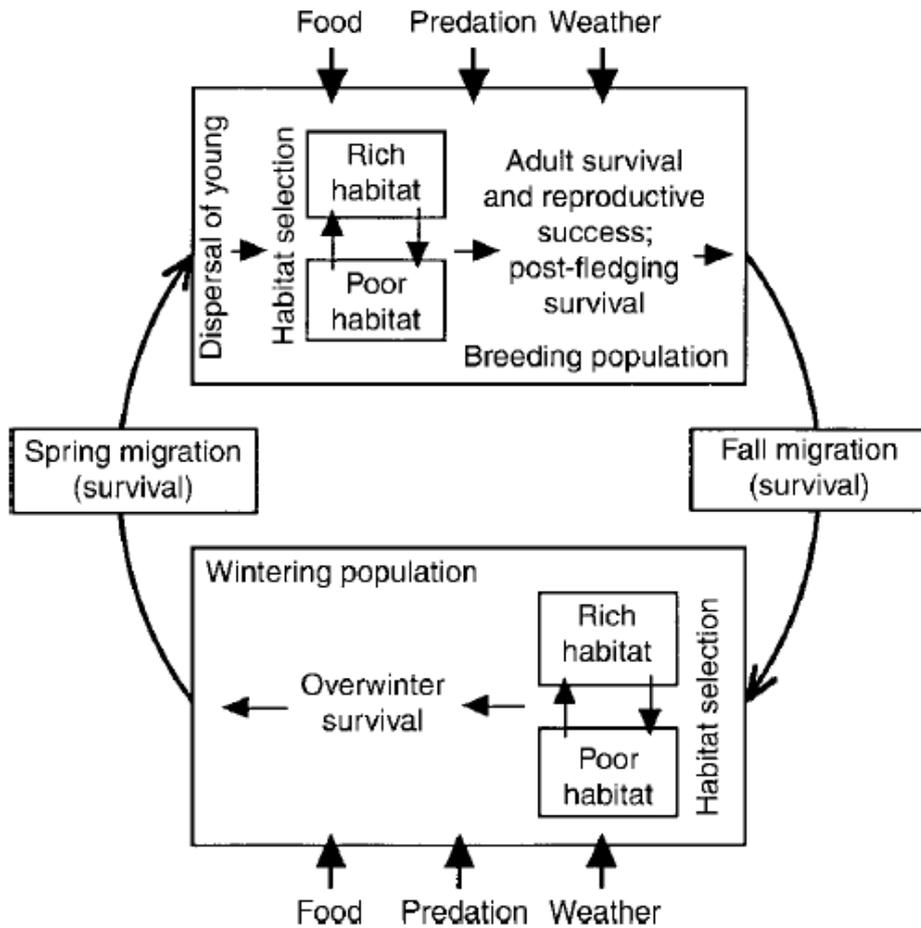
Chez les oiseaux, les mêmes difficultés sont observées car chaque année, ils sont confrontés à des conditions environnementales changeantes (température, précipitations, durée du jour et disponibilité alimentaire) (**Dias, 1994 ; Réale, 1997 ; Lefevre, 1999**), qui peuvent engendrer un manque de nourriture disponible durant l'hiver. Théoriquement, ces espèces doivent soit passer l'hiver dans la même région où ils se reproduisent, ce qui demande des coûts très élevés pour la thermorégulation, ou alors migrer avant l'arrivée de cette période vers des environnements plus chauds (**Dawson et al., 1983 ; Biebach, 1996**). Du coup, les coûts supplémentaires de thermorégulation de l'hivernage vers l'aire de reproduction pourront être alloués au vol pendant la migration (**Groningen, 2007**). Avant la migration, les oiseaux doivent augmenter leur masse corporelle des fois même jusqu'au double afin de faire face aux besoins énergétiques nécessaires durant cette période (**Nachtigall, 1987 ; Alerstam & Lindström, 1990 ; Biebach, 1990 ; Pearson, 1990 ; Biebach, 1996 ; Maillet & Weber, 2006 ; Ternois, 2008 ; Halmos et al., 2010**). Car les graisses accumulées dans les tissus seront brûlées, ce qui entraînera une diminution de leurs stockages dans les organes (**Piersma & Lindström, 1997 ; Lindström et al., 2000 ; Battley et al., 2000 ; Swaddle & Biewener, 2000 ; Biebach & Bauchinger, 2003**).

La migration et l'hivernage vont certes demander de l'énergie, mais la reproduction suscitera bien souvent les dépenses les plus élevées. Une recherche active d'un partenaire sexuel, une parade nuptiale, un combat ou l'élevage des jeunes augmentent considérablement les besoins (**Clutton-Brock, 1991**). C'est pourquoi la plupart des comportements liés à la reproduction ne sont viables qu'au cours de périodes qu'on pourrait qualifier de fastes. De plus, la disponibilité des ressources n'étant maximale qu'une ou plusieurs fois par an seulement, va imposer la période d'élevage. C'est pour cela que les animaux devront optimiser au mieux leur comportement de recherche alimentaire durant la période de reproduction, afin de maximiser leur succès reproducteur, de diminuer les coûts et d'augmenter les bénéfices. Les ressources disponibles pour un organisme ne sont pas infinies et même, dans la majorité des cas, limitées. Cette limitation peut découler d'une limitation



intrinsèque des ressources naturelles liée à la présence de compétiteurs qui peuvent être des congénères ou des parasites (**Michalakis, 2007**).

Toute activité n'est viable que si les bénéfices qui en sont retirés sont équivalents ou supérieurs à son coût : c'est une question d'équilibre. Cette réalité est valable pour le fonctionnement d'une cellule, d'un individu ou d'un écosystème tout entier. C'est pourquoi il est dans l'intérêt des animaux d'adopter des comportements d'approvisionnement en nourriture qui offrent les caractéristiques les plus optimales et le bilan le plus positif. La théorie de l'approvisionnement optimal (*Optimal Foraging Theory*, Stephens & Krebs, 1986) prédit que les animaux vont ajuster leur comportement de manière à maximiser le gain en énergie tout en minimisant le temps passé à rechercher la nourriture (**Mac Arthur & Pianka, 1966 ; Charnov, 1976**). " Lorsqu'un oiseau nourrit sa couvée, il doit décider de quitter son nid, de trouver une source de nourriture et ensuite de rapporter un nombre de proies déterminé. Comme l'oiseau capture proie après proie, à mesure qu'il récolte, il devient de plus en plus difficile de réaliser une nouvelle capture avec le bec déjà plein. De plus, la densité de proies tend à diminuer dans la source de nourriture. A un certain moment, il sera payant pour l'animal d'arrêter d'ajouter des insectes à sa récolte et de revenir à sa couvée. Le temps optimal pour quitter le site aura pour résultat le meilleur rapport possible coût/bénéfice par expédition de récolte "(**Champan & Scapini, 2002**).



**Figure 2.** Le modèle Sherry-Holmes pour comprendre la limitation de la population chez les oiseaux migrateurs. On note qu'il existe quatre grandes périodes où les populations peuvent être étudiées (reproduction, l'hivernage, et deux périodes de migration), mais les facteurs les plus importants de l'évolution de la migration varient selon la période. (D'après **Sherry et Holmes, 1995**).

Ce temps optimal dépend aussi de la distance du site au nid : si la distance est grande, l'oiseau a intérêt à rester le plus longtemps possible sur le site car la part de déplacement devient l'élément limitant. L'un des exemples les plus connus de ce point de vue est peut-être celui de l'étourneau sansonnet *Sturnus vulgaris*. **Kacelnik (1984)** a montré que les étourneaux augmentent la charge stockée dans leur bec (nombre de larves) quand la distance au nid du site d'alimentation est expérimentalement rallongée, et que cette augmentation suit celle prévue par le modèle. Ainsi, le comportement d'acquisition des ressources des étourneaux s'avère optimal. On peut comprendre que les animaux parviennent instinctivement à ajuster



leur comportement de manière optimale, puisqu'un comportement peu efficace sera contre-sélectionné. Toutefois, il faut préciser que la notion d'optimisation, dans ce cas, n'est pas absolue. Si les animaux connaissent leur environnement à force de l'explorer, ils ne sont pas pour autant omniscients, et ne peuvent donc pas connaître la localisation et l'abondance de toutes les ressources. Les animaux font de leur mieux en fonction de leurs capacités et de ce qu'ils connaissent. Ils tendent vers l'optimisation par préadaptation, par apprentissage ou à force d'échantillonner le milieu (Parker & Maynard Smith, 1990).

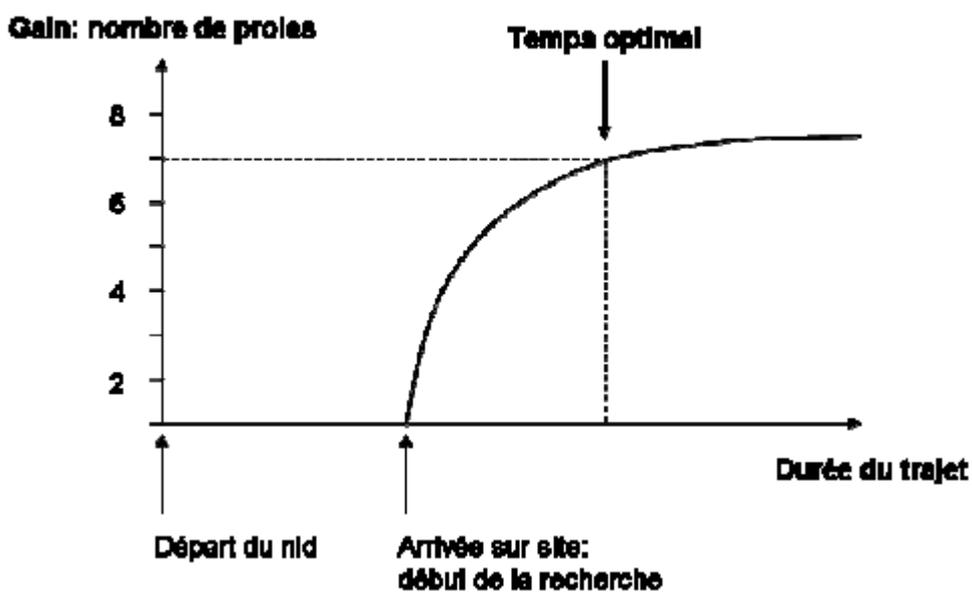


Figure 3. Théorème de la valeur marginale (*Marginal Value Theorem, Charnov, 1976*).

Les animaux optimisent le temps passé sur le site d'alimentation en fonction de ce qu'il va leur rapporter. A partir d'un moment, l'encombrement généré par les proies déjà acquises ou la difficulté croissante à trouver de nouvelles proies va rendre le gain par unité de temps défavorable (*curve of diminishing returns*). C'est à ce moment qu'un individu décidera d'abandonner le site. Le moment d'abandon dépend aussi de la distance du site au nid (Kacelnik, 1984).

Durant la migration, les oiseaux sont soumis à d'autres sources de variations comme la présence de prédateurs, de parasites, de pathogènes ou la survenue d'événements climatiques extrêmes qui auront pour effet d'augmenter directement la mortalité au sein de la population



(Nevoux, 2008 ; Faaborg & *al.*, 2010). Parmi ces derniers, les parasites constituent une des plus importantes sources de variations, car ils peuvent affecter les traits d'histoire de vie de l'hôte, et donc son schéma d'allocation des ressources (Michalakis, 2007).

Ce sont des organismes présents durant un temps significatif dans ou sur leur hôte, dont ils obtiennent tout ou une partie des nutriments qui leur sont nécessaires. Cependant, ils ont le potentiel de nuire à l'hôte. Les parasites peuvent avoir une incidence sur ce dernier à l'échelle de l'individu, de la population et des communautés (Combes, 1995 ; Mc Laughlin, 1995). En effet, ils ont des conséquences négatives sur l'hôte en le privant de ressources dont il pourrait profiter directement (sucres, ...etc.), et en lui induisant des dommages au niveau des organes (foie, ...etc.) qui aboutissent généralement à une modification de la physiologie de l'hôte. Ces modifications affectent inévitablement les caractéristiques ou traits d'histoire de vie de l'hôte : son temps de développement, sa taille adulte, sa fécondité, sa capacité de survivre, que ce soit d'un point de vue écologique ou évolutif (Michalak, 2007).

Les traits d'histoire de vie ne sont pas indépendants les uns des autres. Dans certains cas, les parasites provoquent la modification d'un trait, tel que le système de reproduction de l'hôte qui se répercutera ensuite sur un autre trait et dont le parasite pourra profiter directement. Les parasites sont en général divisés en deux grandes catégories selon leur taille (Anderson & May, 1979 ; May & Anderson, 1979 ; Bush *et al.*, 2001) : les microparasites (virus, bactéries et protozoaires) et les macroparasites (helminthes et arthropodes). Un autre critère de classification des parasites, indépendant du premier, est basé sur leur localisation au sein de leur hôte (Bush *et al.*, 2001). On distingue ainsi les ectoparasites qui sont confinés à l'extérieur du corps de leur hôte (téguments, phanères), les mésoparasites qui occupent les cavités reliées à l'extérieur (cavité pulmonaire, système digestif) et les endoparasites qui se développent dans le milieu intérieur (appareil circulatoire, milieu intercellulaire, cellules) (Mc Laughlin, 1995 ; Gough, 1997).

Les oiseaux migrateurs peuvent être les hôtes d'une multitude de parasites. En effet, ils constituent un bon modèle pour étudier l'effet du parasitisme sur la fitness de leur hôte (Crompton, 1997). Ils sont en général fidèles comme d'autres animaux à leur site de reproduction (Greenwood & Harvey, 1992 ; Clobert *et al.*, 2001 ; Møller & Szép, 2011) mais également à leur site d'hivernage (Berthold, 2001 ; Newton, 2008). Ceci va leur permettre dans certains cas de s'adapter que ce soit d'un point de vue physiologique ou



immunitaire à l'impact des parasites qui se trouvent dans leurs deux sites de reproduction et d'hivernage (Møller & Szép, 2011). Cependant, et durant leurs longues migrations, ces oiseaux peuvent être infestés en cours de route par d'autres espèces de parasites auxquelles ils ne sont pas adaptés. Ceci va engendrer une réduction de leur condition corporelle affectant ainsi leur capacité à endurer les lourdes charges de travail que requièrent une migration à longue distance (Møller & Szép, 2011). La charge parasitaire peut également affecter la date d'arrivée dans les sites de nidification. En effet, des études sur l'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica rustica*) ont montré que la date d'arrivée des mâles au printemps dans les sites de reproduction dépendait de l'abondance parasitaire (Møller et al., 2004a). Les mâles étant plus en concurrence entre eux que les femelles pour l'arrivée précoce aux sites de reproduction (Møller et al., 2004a, Møller & Szép, 2011).

L'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica rustica*) est une espèce migratrice qui hiverne au sud de l'Afrique et remonte plus au Nord en Afrique du Nord et en Europe pour se reproduire (Cramp, 1994 ; Møller, 1984). De nombreuses études ont été réalisées sur cette espèce à travers toute son aire de répartition (Al-Rawy et Georg, 1966; Kuzniak, 1967; McGinn & Clark., 1978; De Iope Rebello, 1983; Møller, 1984; Shields, 1984; Loske, 1989; Møller, 1994; Banbura et al., 1995; Sakraoui et al., 2005 ; Smiddy & O'Halloran, 2010).

Ces travaux ont mis en évidence l'existence d'une variabilité importante dans les traits d'histoire de vie de cette espèce, comme la date de ponte et la fécondité qui varient d'une population à une autre à travers l'aire de répartition géographique.

L'Afrique du Nord est considérée comme la limite sud de l'aire de nidification de l'Hirondelle de cheminée. De ce fait, les conditions de vie et de reproduction de cette espèce sont beaucoup plus difficiles que dans les territoires plus au Nord de cette aire. Afin de survivre à ces conditions rudes, les oiseaux vont devoir maximiser leur fécondité, la longueur du jour étant plus courte qu'en Europe. Par ailleurs, l'impact du parasitisme et les contraintes climatiques et alimentaires obligent ces colonies à ajuster leurs efforts entre la survie individuelle et la reproduction (Levins, 1968).



C'est dans ce contexte que s'inscrit notre problématique qui tend à mettre en évidence les modalités et les conséquences de la budgétisation de l'énergie allouée aux différents traits d'histoire de vie (croissance, survie, reproduction), chez l'hirondelle de cheminée *Hirundo rustica rustica*, et ceci dans des conditions imposées par la fragmentation des habitats, notamment les matrices urbaines de la wilaya d'Annaba, situées à la limite sud de son aire de nidification. L'étude qui en découle, vise les objectifs suivants :

- Suivi de la phénologie de la reproduction de l'Hirondelle de cheminée et l'étude des paramètres morphologiques et l'hématocrite des pulli.
- Caractérisation taxonomique et étude de la variation saisonnière des proies dans le régime alimentaire des pulli et voir l'impact de cette variation sur la reproduction.
- Identification et quantification des ectoparasites des nids et des pulli et étude de l'impact de la charge parasitaire sur la phénologie de la reproduction.

Les résultats obtenus seront comparés avec ceux d'études réalisées dans la région, mais également dans les autres régions de l'aire de nidification de cette espèce.



---

# MATERIEL & METHODES



---

## MATERIEL ET METHODES

### 1. Zone d'étude :

Nous avons réalisé notre étude dans la wilaya d'Annaba qui se situe au Nord-Est de l'Algérie (36°.30N et 37°.03N et 7°.20E et 8°.40 E). Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la wilaya de Guelma, à l'Est par la wilaya d'El-Tarf et à l'Ouest par la wilaya de Skikda (Figure 4). Elle compte une population estimée à 600.000 habitants. Cette wilaya constitue l'un des principaux pôles industriels du pays, de part ses activités portuaires (exportation de phosphates, de fer, de liège en provenance du massif de l'Edough et de produits agricoles) et ses industries (la sidérurgie, la métallurgie et la construction de matériel ferroviaire).

Pour la description de la zone d'étude, nous nous sommes basés sur les travaux du Plan Directeur de l'Aménagement et de l'Urbanisme (P.D.A.U.) intercommunal de Annaba (1996), ainsi que sur les références fournies par l'Office National des Forêts (2002).

#### 1.1. Relief :

La wilaya est caractérisée par la présence de montagnes (52% de montagnes, 26% de collines et piémonts) et de plaines basses et plates (18% de plaines). Ceux ci peuvent être séparés en trois unités géologiques :

##### a) *Le massif de l'Edough :*

Ce massif cristallin appartient aux plis numidiques d'Afrique de Nord. Il est orienté Sud-Ouest, Nord-Est sur une longueur de 50 Km et une largeur de 8 Km avec un point culminant à 1008 m (Kef sbaa). Sa partie principale est limitée au Sud-Ouest par la dépression du lac Fetzara, à l'Est par la plaine d'Annaba et au Nord par la mer.

**b) Plaines d'Annaba :**

Nous avons deux types de plaines :

- *Une petite plaine* : s'étend à l'Est de l'Edough entre les coteaux d'Annaba, le pied du Djebel Edough, les terminaisons du Boukantas et Bouhamra.

- *Une grande plaine* : s'étend à l'Est de l'Oued Seybouse (originellement rempli de garaas).

**c) Cordon dunaire littoral :**

Ce cordon est constitué de dunes, d'origine éolienne et marine, qui longent la mer du Nord-Ouest au Sud-Est depuis la cité Seybouse à l'Ouest à El-Kala à l'Est.

**1.2. Hydrologie :**

La région présente une hydrographie importante, caractérisée par la présence d'un versant raide et de ramifications à écoulement temporaire (Chaabets) qui en convergeant vont former des Oueds à faibles débits, qui inondent en hivers certaines zones de plaines. La wilaya d'Annaba compte beaucoup de bassins versants comme le bassin Nord-Ouest d'Oued Seybouse, de Boudjemaa, du littoral Nord et d'autres que l'on retrouve au sein de la ville d'Annaba (Au Nord-Est : Oueds Zaafrania , Kouba, Chaabet Kef Lemette et Mersébu ; et Au Sud-Ouest : Oued Forcha, Sidi harb et Bouhdid).

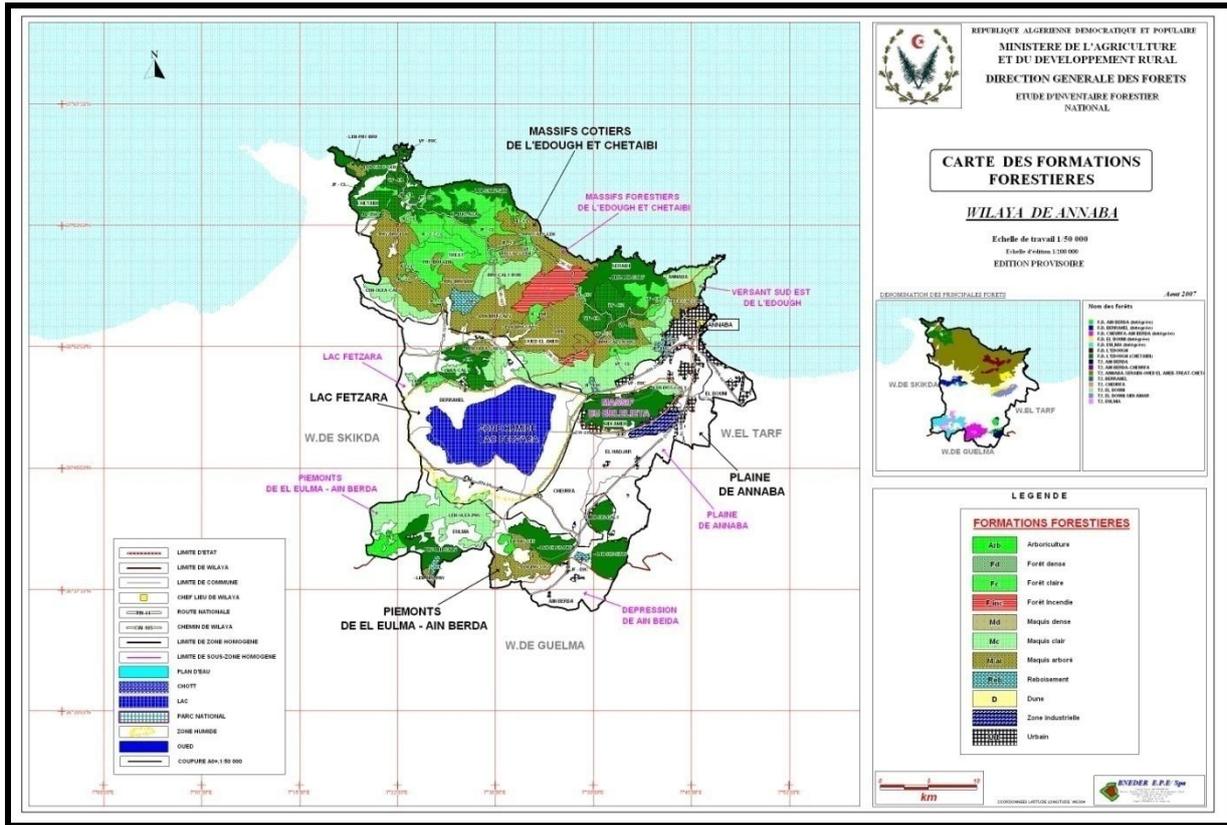


Figure 4. Situation géographique de la wilaya d'Annaba. [D'après Direction générale des forêts]

### 1.3. Caractères climatiques :

#### 1.3.1. Température :

Dans la région considérée, l'altitude permet généralement une diminution d'un demi-degré par élévation de 100 mètres environ et la latitude provoque une diminution de 0,6°C par degré de latitude Nord (Ozenda, 1954). D'autres facteurs agissent sur la température comme l'exposition et l'orientation des reliefs, l'éloignement de la mer, la réverbération au sol, et la densité de la couverture végétale (Daget, 1977).

Durant les années de l'étude (de 2003 à 2006) la température moyenne la plus élevée est observée au mois d'Août avec 25,94 °C. Pour la température la plus basse, on remarque qu'elle est observée au mois de Janvier avec 11,24°C (Tab.1).

*Tableau 1. Températures moyennes mensuelles (°C), Annaba [2003-2006].*

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
11,24	11,33	13,45	15,55	18,75	22,77	25,18	25,94	23,18	20,26	15,43	12,23

**1.3.2. Pluviosité :**

La région d'étude se caractérise par un régime pluviométrique de type méditerranéen ou nous pouvons observer deux périodes distinctes. Une période pluvieuse qui s'étale sur six mois (Novembre à Avril) et une autre sèche (Mai à Octobre). La pluviosité dans la région se caractérise aussi par deux aspects principaux. D'une part, les perturbations cycloniques de l'Atlantique Ouest et Nord Ouest, qui traversent l'Espagne et une partie de la Méditerranée en affectant le littoral algérien de Béjaia à El-Kala, et d'autre part, les dépressions méditerranéennes qui naissent en Méditerranée occidentale, particulièrement dans le golfe de Gênes-Corse-Sardaigne et qui n'affectent que la partie orientale du Tell algérien, favorisent ainsi l'installation d'un climat l'humide.

Durant notre étude (Tab. 2) les précipitations moyennes les plus faibles sont observées au mois de Juillet avec 3,40 mm. Par contre, c'est au mois de Décembre que l'on observe les précipitations les plus importantes avec 128,39 mm.

*Tableau 2. Précipitations moyennes mensuelles (mm), Annaba [2003-2006].*

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
95,54	84,41	55,97	62,03	37,50	14,33	3,40	16,34	45,61	52,46	107,03	128,39

**1.3.3. Bioclimat et végétation :**

La région d'Annaba est caractérisée par un climat de type méditerranéen subhumide. Sur les hauteurs on retrouve un climat sub-humide doux et sur les plaines un climat subhumide chaud.

Selon l'altitude, nous avons:

- *les hauteurs* : on retrouve des maquis et broussailles de type méditerranéen qui résultent de la dégradation de la forêt originelle de Chêne liège qui ne subsiste plus du fait des incendies depuis la période coloniale. A partir des années 70, plusieurs aménagements forestiers ont été réalisés (création de pistes forestières, de tranchées pare-feu, de banquettes de drainage des eaux pluviales et de reboisements d'Eucalyptus et de Pin maritime), mais le tout est en voie de dégradation par la multiplication des incendies et le manque d'entretien.
- *les plaines* : caractérisées par la présence de terres alluvionnaires d'origine fluviatile et laguno-marin qui peuvent servir pour les activités agricoles. L'activité agricole est surtout retrouvée au Sud du complexe d'El Hadjar (cultures extensives céréalières), dans la zone qui longe l'Oued Seybouse (les agrumes et les cultures saisonnières maraîchères) et sur les terres qui bordent le lac Fetzara, Kheraza, Oued Boudjemaa, Oued Méboudja, Sidi Salem ainsi que l'aéroport les Salines qui peuvent être exploitées pendant la saison sèche.

## 2. Modèle biologique :

L'Hirondelle de cheminée est oiseau migrateur que l'on retrouve dans une grande partie du monde. Il appartient à la famille des *Hirundinidae* qui compte 83 espèces dont les Hirondelles et les Martinets (Turner, 2006). C'est un oiseau à vol rapide et à structure aérodynamique (Perrins et Cuisin, 1987).

### 2.1. Systématique :

L'hirondelle de cheminée appartient :

**Régne:** *Animal*  
**Phylum:** *Chordés*  
**Classe:** *Aves*  
**Ordre:** *Passeriformes*  
**Famille:** *Hirundinidae*  
**Genre:** *Hirundo*  
**Espèce:** *rustica*



*Photos 1. Hirondelle de cheminée*

## 2.2. Morphologie :

Cet oiseau est caractérisé par une longue queue bifurquée en forme de V (**Ambrosini, 2000**). Il est assez coloré, avec le dessus du corps bleu métallique, le front et la gorge rouge-brun, le bas de la gorge bleu foncé et le reste du dessous du corps blanc-crème (**Peterson et al., 1976 ; Tate, 1986 ; Møller, 1994, Turner, 2006**).

Le dimorphisme sexuel est visible chez les adultes avec une queue plus longue et une couleur plus vive chez le mâle. Les filets de la queue mesurent environ 104.48 mm chez le mâle et 90.11 mm chez la femelle (**Møller, 1994 ; de Lope et Saino, 1995**). Le mâle a une taille plus importante que celle de la femelle, par contre la masse et la longueur du tarsométatarse sont plus importants chez la femelle (**Møller, 1994**). Les jeunes ont des couleurs plus claires et des filets de la queue plus petits par rapport aux adultes, le dimorphisme sexuel n'a apparemment qu'après la première mue (**Cramp, 1994**).



**Figure 5.** *Hirundo rustica* 1: mâle adulte ; 2: femelle adulte ; 3 : juvénile.

(D'après **Cramp 1994** modifiée par **Ambrosini 2000**).

### 2.3. Taxonomie et distribution : (Fig.6)

La couleur et la taille de l'Hirondelle de cheminée varient à travers le monde, par exemple pour la taille des adultes on remarque un déclin du Nord-Ouest vers le Sud et à l'Est (**Cramp, 1994**).

De ce fait, on distingue huit sous espèces reconnues d'Hirondelle de cheminée (**Cramp, 1994; Møller, 1994; Turner, 2006**). Il y'a tout d'abord la sous espèce *Hirundo rustica rustica* Linnaeus (1758) qui niche en Europe et en Asie, entre le cercle polaire au Nord, le Nord de l'Afrique dont l'Algérie (**Sakraoui, 2003; Sakraoui et al., 2005**), et le fleuve Ienisseï à l'Est. En hiver, elle migre vers l'Afrique, la péninsule arabique et le sous-continent indien. Les hirondelles qui hivernent en Afrique du Sud viennent de toute l'Eurasie depuis des longitudes pouvant atteindre 91°E et ont parcouru jusqu'à 11 660 km lors de leur migration.

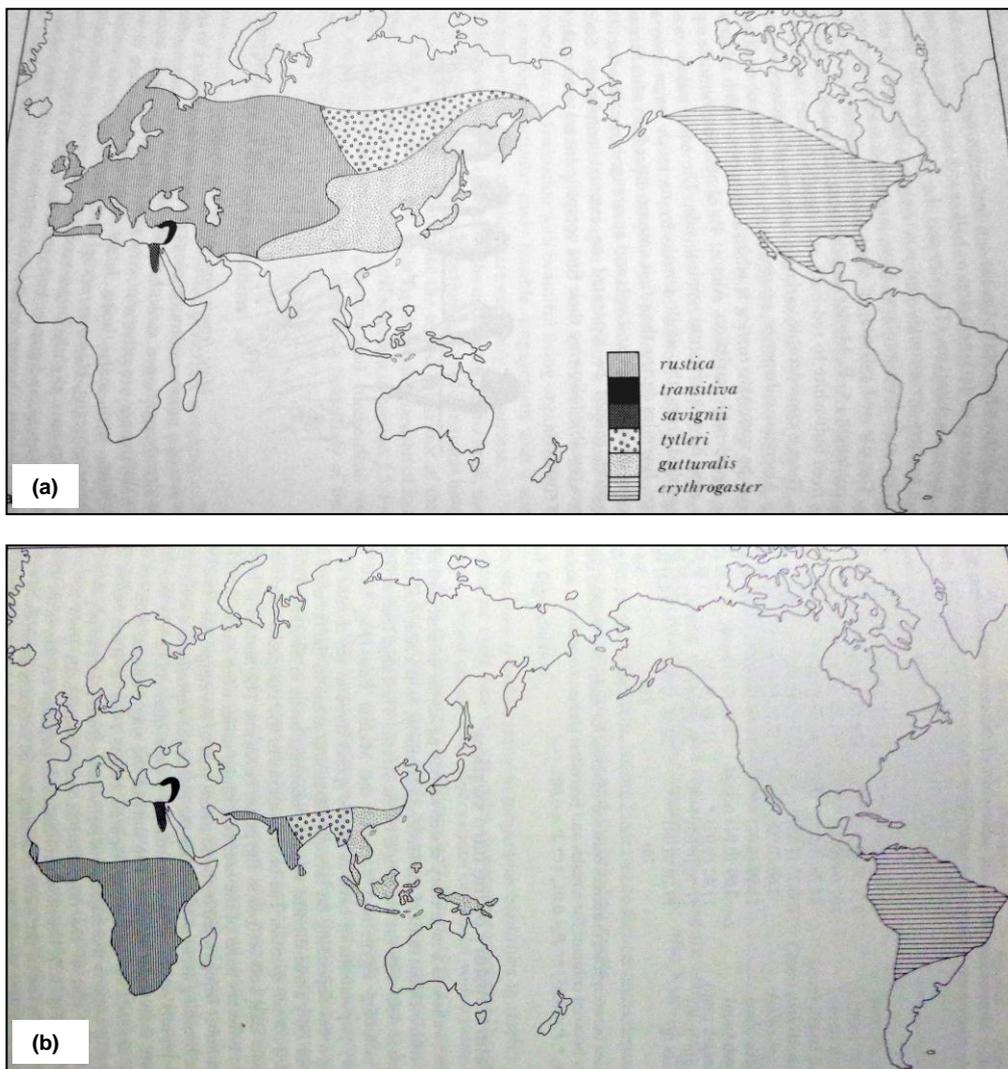
Deux sous espèces se retrouvent en Afrique et au moyen orient. Il s'agit de *H.r. savignii* Stephens (1817) qui vit toute l'année en Egypte et *Hirundo rustica transitiva* Hartert (1910) que l'on retrouve en Jordanie, au Liban, en Israël et en Syrie. Cette dernière reste parfois l'hiver dans ses lieux de nidification, où migre vers l'Afrique de l'Est. Elle est caractérisée par un dessous du corps rouge-orangé et une bande cassée à la poitrine.

En Asie on retrouve deux sous espèces *Hirundo rustica gutturalis* Scopoli (1786) qui a le dessous du corps blanchâtre, et une bande pectorale cassée. La poitrine est de couleur noix, et le reste du dessous du corps tire vers le rose chamoisé. Elle se reproduit du centre et l'Est de l'Himalaya jusqu'au Japon et la Corée, puis migre pour hiverner à travers l'Asie tropicale, depuis l'Inde et le Sri Lanka jusqu'à l'Indonésie et la Nouvelle-Guinée à l'Est. Un nombre croissant d'entre elles hivernent en Australie. La seconde sous espèce est *Hirundo rustica tyleri* Jerdon (1864), elle est reconnaissable au-dessous de sa tête orange-rouge foncé, et une à une bande pectorale incomplète. Sa queue est également un peu plus longue. Elle se reproduit en Sibérie et au Nord de la Mongolie, et passe l'hiver de l'Est du Bengale, en Thaïlande et en Malaisie.

*Hirundo rustica saturata* Ridgway (1883), est une autre sous espèce qui niche parfois au Sud du Kamchatka, au alentour du fleuve Amour et à l'Est de la mer d'Okhotsk. *Hirundo rustica mandschurica* Meise (1934) quant à elle, niche au Nord Est de la Chine. La sous

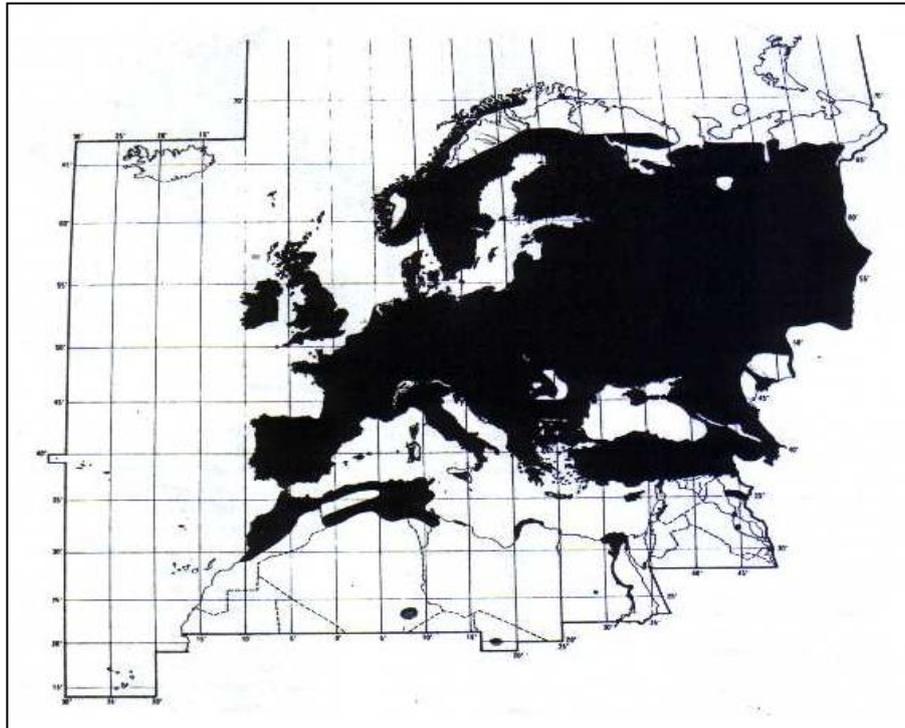
espèce *saturata* est souvent incluse dans les sous espèces *gutturalis* où *tyleri* et *mandschurica* dans *saturata*, bien que des recherches récentes les séparent complètement (**Dickinson & Dekker, 2001; Dickinson et al., 2002, Turner, 2006**).

*Hirundo rustica erythrogaster* Boddaert (1783) est la sous-espèce nord-américaine. Elle diffère de la sous-espèce européenne par son dessous du corps plus rouge et sa bande pectorale plus fine et souvent incomplète. Elle se reproduit en Amérique du Nord, de l'Alaska au sud du Mexique, et migre pour l'hiver vers les Antilles, le Costa Rica, le Panama et l'Amérique du Sud. Cette sous espèce a été vue récemment en Antarctique au Sud des îles Shetland (**Shirihai, 2008 ; Korczak - Abshire et al., 2011**)



**Figure 6.** Distribution géographique des différentes sous espèces d'Hirondelle de cheminée. [(a) aire de reproduction, (b) aire d'hivernage] (d'après **Turner & Rose, 1990 in Møller, 1994**)

Dans son aire de reproduction, l’Hirondelle de cheminée construit son nid à l’intérieur des cavernes, dans les falaises, en montagnes ou dans de grands arbres creux, mais avec le temps elle a quitté cet habitat pour occuper des garages, des hangars, des écuries, des habitations et des greniers en milieu rural (Møller, 1994). En Algérie, cette espèce niche plutôt en milieu urbain ou sub urbain (Sakraoui, 2003; Sakraoui et al., 2005).



**Figure 7.** Aire de nidification de l’Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) en Europe et en Afrique du Nord (D’après Cramp, 1994).

#### 2.4. Reproduction :

La sous espèce qui niche en Algérie (*Hirundo rustica rustica*) entame sa migration printanière et arrive vers les premières régions de nidification vers le mois de février (Sakraoui et al., 2005). 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. Le mâle attire la femelle vers son territoire en effectuant des mouvements de la queue et des chants de parade (Tate, 1986; Turner, 2006). Une fois que la femelle choisit son partenaire de reproduction, le couple construit tout d’abord son nid au ras du plafond sur une hauteur de 2 à

5 m du sol. Le nid à la forme d'un bol constitué d'un mélange de vase, de boue et de gravier très fin, l'ensemble est cimenté grâce à la salive des Hirondelles qui donne plus de solidité au nid. Le nid est ensuite tapissé de nombreux crins, de brins d'herbes, de radicelles et juste avant la ponte le couple recouvre le tout de plumes (Al-Rawy et George, 1966 ; Cramp, 1988, Turner, 2006).

Les couples d'Hirondelles de cheminées peuvent construire un nouveau nid, ou alors rafistoler un vieux nid. La construction du nid dure environs 8 jours (Cramp, 1994). Une fois le nid près, la femelle commence à pondre les œufs au rythme d'un œuf par jour tôt le matin (Cramp, 1988). La ponte commence en moyenne 16 jours après la formation du couple (Møller, 1994). Le poids moyen de l'œuf est de 1.9 g pour une dimension moyenne de 19.7mm x 13.6mm (Cramp, 1988). En Europe et en Algérie une femelle pond de 4 à 6 œufs blanc tachetés de roux et les couve seule durant 14 à 16 jours (Perrins et Cuisin, 1987 ; Sakraoui et al., 2005). La femelle ne quitte en général le nid que durant un court instant pour aller s'alimenter, car le mâle ne la nourrit durant cette période.

Dès que les œufs éclosent, les pulli 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 qui est en général une ponte de remplacement (Møller, 1994, Turner, 2006).

### **2.5. Régime alimentaire :**

L'Hirondelle de cheminée est un oiseau insectivore qui attrape ses proies au vol après des courses poursuites acharnées. Le régime alimentaire de cette espèce est très diversifié ce qui lui permet d'effectuer plusieurs pontes. Le couple nourrit les oisillons durant la période d'élevage de Diptères, d'Hyménoptères, de Lépidoptères et de Coléoptères, mais avec une majorité de Diptères pour les premières couvées, et d'Hémiptères pour les secondes (Møller, 1994 ; Turner, 2006).

## 2.6. Migration :

Dès la fin de la reproduction (entre les mois d'août et novembre), les Hironnelles se rassemblent en groupes et se préparent pour une longue migration vers les quartiers d'hivernage. Pour la sous espèce *rustica*, l'aire d'hivernage s'étend du Sud de l'Afrique pour la plupart, aux côtes d'Arabie et au Pakistan pour le reste (Tate, 1986 ; Cramp, 1988) (fig. 8). Pendant la migration, les Hironnelles rencontrent plusieurs obstacles comme la traversée du Sahara qui est particulièrement pénible, ainsi que la menace des prédateurs comme le Faucon d'Eléonore et des chasseurs (C.S.P.O., 1984).

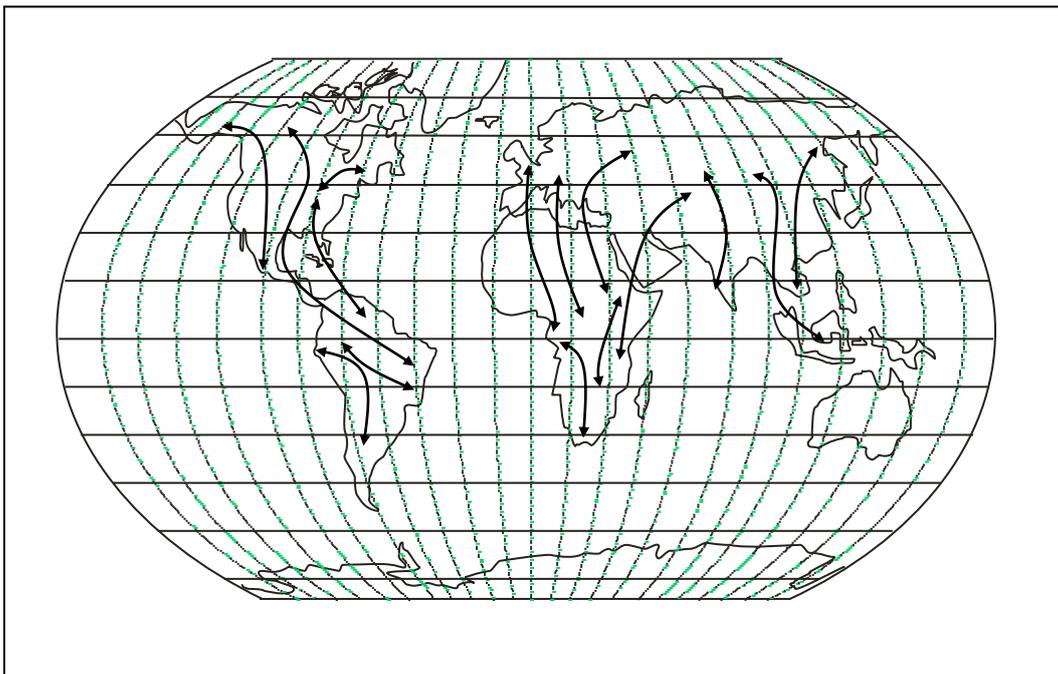


Figure 8. Trajet migratoire des Hironnelles (D'après Tate, 1986).

## 3. Méthodologie générale :

### 3.1. Sites échantillonnés :

Notre étude a été réalisée durant quatre années successives (de 2003 à 2006). Juste après l'arrivée des populations d'Hirondelle de cheminée (mi-février), nous avons suivis les individus pour repérer les nids au niveau de la wilaya d'Annaba. Nous avons ensuite choisis le site d'étude en fonction du regroupement des nids et de leur accessibilité.

Notre étude a été réalisée dans la commune d'El-Bouni qui se situe à environ 6 km au Sud de la ville d'Annaba (36° 51'N, 7° 45'E). Cette commune est l'une des plus importantes de l'Est algérien, ayant à l'origine une vocation agricole. Elle est limitée au Nord par les communes d'Annaba et Séraïdi, au Sud par les communes d'El Hadjar et Sidi Amar, à l'Est par les communes d'El Chatt et Ben Amar et à l'Ouest par les communes de Berrahal et Oued Eddeheb. Elle compte une superficie de 97,9Km<sup>2</sup> et plus de 195000 habitants. (Fig. 9)



Figure 9. Zone d'étude

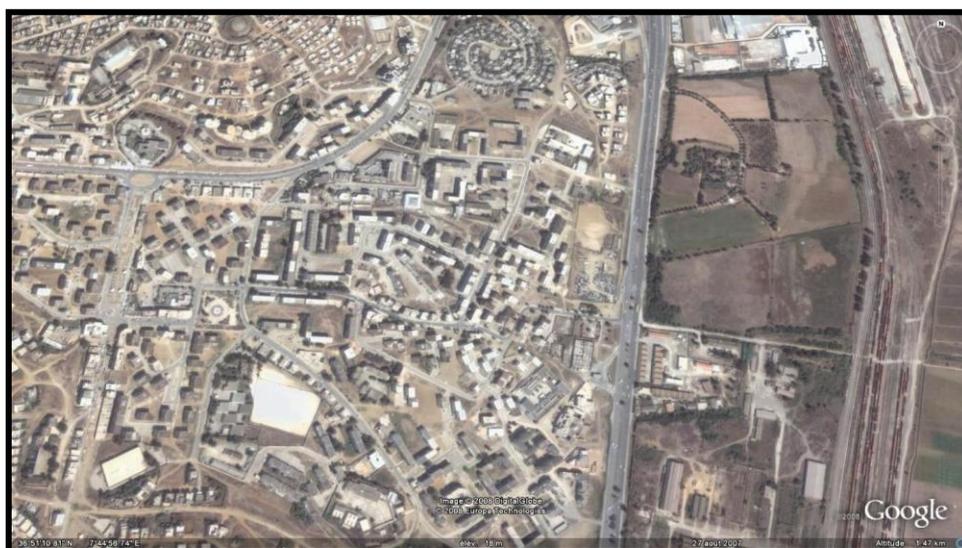


Figure 10. Site d'étude El Bouni. (Google Earth, 2008)

Nous avons retrouvé les nids dans la majorité des cages d'escaliers des immeubles de cette commune. (Photos 2, 3, 4 et 5).

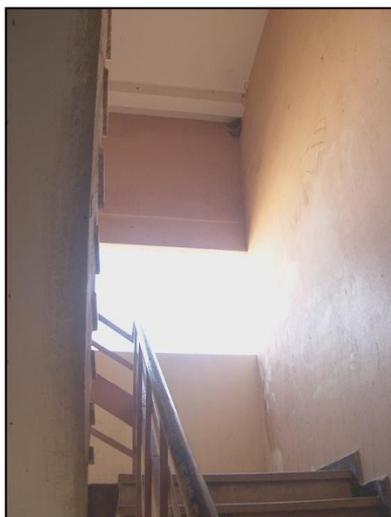


(2)



(3)

*Photos 2 et 3. Site d'étude El Bouni*



(4)



(5)

*Photos 4 et 5. Emplacement des nids d'Hirondelle de cheminée*

### 3.2. Méthode d'échantillonnage :

Nous avons étudié la phénologie de la reproduction de l'Hirondelle de cheminée durant quatre années successives (2003 à 2006). L'étude du régime alimentaire des pulli a été réalisée durant les deux premières années (2003 et 2004). Quant à la caractérisation de l'écologie ectoparasitaire des nids d'Hirondelle de cheminée, elle a été réalisée durant les deux dernières années (2005 et 2006).

#### 3.2.1. Paramètres de la reproduction

Juste avant le début de la ponte, des visites régulières des nids nous ont permis de noter les paramètres suivants :

- ***Date de ponte*** : qui représente l'intervalle qui sépare la ponte du premier œuf du couple le plus précoce et la ponte du premier œuf du couple le plus tardif. (Pour toutes les dates le 1<sup>er</sup> mars correspond au jour 1).

- ***Période de ponte*** : qui correspond à la durée entre la ponte du premier œuf du couple le plus précoce et la ponte du dernier œuf du couple le plus tardif.

- ***La grandeur de ponte*** : qui correspond au nombre d'œufs qu'une femelle peut pondre, en sachant qu'elle pond un œuf par jour.

- ***Durée de l'incubation*** : qui représente le nombre de jours qu'une femelle passe à couvrir les œufs.

- ***Succès moyen à l'éclosion*** : qui exprime le rapport entre le nombre d'œufs éclos sur le nombre d'œufs pondus.

- ***Succès moyen de la reproduction*** : qui correspond au rapport du nombre d'oisillons envolés sur le nombre d'œufs pondus.

- ***Succès moyen à l'envol*** : qui représente le rapport du nombre d'oisillons envolés sur le nombre d'œufs éclos.

### 3.2.2. Paramètre des pulli

#### 3.2.2.1. Paramètres morphologiques

Durant la période prévue pour l'éclosion des œufs, les nids concernés par notre étude ont été visités tous les jours afin de déterminer la date de l'éclosion. L'âge des poussins à pu être été déterminé en utilisant l'échelle décrite par **McGinn et Clark (1978)** pour connaître l'âge des pulli d'Hirondelle de cheminée. (Tab. 3)

*Tableau 3. Détermination de l'âge des poussins (McGinn et Clark, 1978)*

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

A l'éclosion (J0), les poussins ont été marqués sur les pattes, le ventre et la tête par un feutre indélébile, puis bagués à l'âge de 5 jours avec des bagues métalliques numérotées et colorées indispensables à leur reconnaissance ultérieure et leur suivi. Les oisillons ont été pesés à 5, 9, 12 et 15 jours juste avant l'envol. A 15 jours, nous avons mesuré la longueur du tarse et de l'aile.

### 3.2.2.2. Hématocrite des pulli :

Sur chaque poussin âgé de 15 jours, un prélèvement sanguin a été effectué au niveau de la veine alaire (20 µl) et stocké au réfrigérateur pendant 4 heures après quoi, une centrifugation à 13000 tours/ minute pendant 3 minutes a permis de séparer les éléments figurés du plasma et déterminer l'hématocrite.

$$\text{Hématocrite} = \frac{\text{Volume de globules rouges (culot)}}{\text{Volume du sang}} \times 100$$

### 3.2.3. Régime alimentaire des pulli de l'Hirondelle de cheminée :

Nous avons suivi **17** nichées de la première ponte et **18** nichées de la seconde ponte pour chaque année d'étude, en utilisant le dispositif suivant :

#### 3.2.3.1. Pose des colliers :

La pose des colliers a été effectuée en suivant la méthode de Faivre (1986). Elle consiste à serrer légèrement un fil métallique souple, fin (0.5mm de diamètre) et gainé (fil téléphonique) autour du cou des oisillons. Ceci va permettre de retenir les proies sans gêner la respiration des pulli. Les colliers ont été placés à l'âge de 5, 9, 12 et 15 jours.

#### 3.2.3.2. Récolte des proies :

Les colliers ont été placés durant 1 heure par jour tôt le matin. Les proies ont été collectées au niveau du gosier des poussins à chaque nourrissage par les adultes et ceci en retirant la proie à l'aide d'une pince à bout rond accompagnée par de légères pressions avec le pouce sur le cou de l'oisillon.

### 3.2.3.3. Conservation et identification des proies :

Les proies collectées ont été d'abord conservées au frais dans une glacière afin d'éviter leur détérioration. Ensuite, les spécimens ont été triés en différentes catégories et identifiées après avoir été examiné sous loupe binoculaire. L'identification des ordres taxonomiques des items proies a été réalisée (Leraut, 2003).

### 3.2.3.4. Fréquences de nourrissage :

Les fréquences de nourrissage ont concerné 17 nichées de la première ponte et 18 de la seconde ponte. Pour chaque nid, les fréquences ont été réalisées à l'âge de 5, 9, 12 et 15 jours. Seules les visites où les parents avaient une proie au bec ont été comptabilisées.

## 3.2.4. Ecologie ectoparasitaire :

### 3.2.4.1. Identification et quantification des ectoparasites des nids

L'Hirondelle de cheminée réalise deux pontes par saison de reproduction dans notre région (Sakraoui et al., 2005) et généralement dans le même nid. A cet effet, la récolte des nids dans des sacs hermétiques s'est faite à la fin de la saison de reproduction.

Les nids ont subis des fouilles minutieuses au laboratoire. Les ectoparasites récoltés ont été triés et identifiés au niveau du muséum d'histoire naturelle d'Aarhus au Danemark (par le Professeur Peter Gjelstrup). Pour la quantification des ectoparasites, des indices parasitaires proposés par Margolis et al., (1982), nt été calculés: L'abondance parasitaire (A), la prévalence (P) et l'intensité parasitaire moyenne (I).

#### - Prévalence (P):

C'est le rapport en pourcentage du nombre de nichées infestées par une espèce donnée de parasite (Np) sur le nombre de nichées examinées (N).

$$P = Np / N \times 100$$

- **Intensité moyenne parasitaire (I):**

Exprime le rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite (n) sur le nombre de nichées infestées (Np).

$$I = n / Np$$

- **Abondance parasitaire (A):**

Correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce de parasite (n) sur le nombre total des nichées examinées (N).

$$A = n / N$$

### 3.2.4.2. Evaluation de l'effet expérimental du déparasitage des nids

Cette expérimentation a été réalisée durant la saison de reproduction 2006, sur des nids nouvellement construits. 20 nids de première ponte et 20 nids de seconde ponte ont été scindés respectivement en deux lots (à raison de dix nichées par lot) (Møller, 1995) :

- **Lot expérimental :** qui a été déparasité en utilisant une solution insecticide à base de pyréthrine (Pulvérisateur *Biocare*®) qui n'est pas nocive pour les oisillons et qui permet d'éliminer les ectoparasites. L'insecticide a été pulvérisé sur les nids avant l'éclosion des œufs et après l'éclosion à J5, J9 et J12.

- **Lot témoin :** Laisse à l'état naturel, il n'a subi aucun traitement. Une estimation de la quantification des ectoparasites a été réalisée suivant la technique de Møller (1994). Celle-ci consiste à placer la main dans le nid juste après l'envol des oisillons de chaque ponte et ceci pendant 10 secondes. Le nombre de parasites sur la main est ensuite estimé selon une échelle de présence qui compte 0, 10, 100, 1000 et 10 000 parasites. Cette méthode est considérée par les chercheurs comme très efficace, car elle donne des résultats similaires à ceux obtenus en plaçant le nid sous un couvercle étanche pendant 72 h (Møller, 1991).

Les paramètres mesurés pour l'ensemble de ces lots sont : les paramètres de reproduction et les paramètres des pulli.

### **3.3. Analyse statistique des données :**

Les résultats sont exprimés en moyennes  $\pm$  écart type et représentés en secteurs (pour l'illustration des pourcentages) grâce au logiciel excel. L'analyse statistique des données a été effectuée grâce au logiciel « Statistica » (éd. 2008), pour l'élaboration d'histogrammes, des tests de corrélation, et des comparaisons de moyennes par le test « t de Student ». Nous avons également utilisé le logiciel « R » (2.14.1), pour les analyses de variances ANOVA.



---

# RESULTATS



---

## RESULTATS

Les premières Hironnelles de cheminées arrivent dans notre région vers la mi-février, mais le flux le plus important est observé à la mi-mars. Les Hironnelles semblent choisir plutôt un habitat urbain ou sub urbain.

Cette espèce réalise dans notre région deux pontes par saison de reproduction qui s'étalent de la fin mars à la fin août. Ces deux pontes se font en général dans le même nid. Enfin, les Hironnelles entament leur migration vers leurs quartiers d'hiver durant le mois d'octobre.

Cette étude concerne un total de 132 nids de la première et de la seconde ponte de l'Hironnelle de cheminée. Le nombre de nichées étudiées par année pour la première et la seconde ponte est illustré dans le tableau 4.

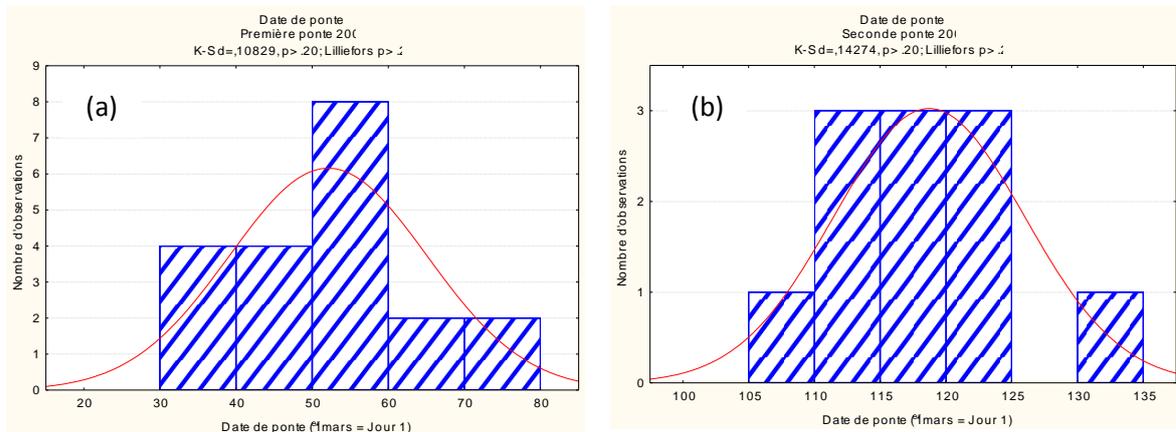
*Tableau 4. Nombre de nids concernés par l'étude*

	<b>Première ponte</b>	<b>Seconde ponte</b>	<b>Total</b>
<b>2003</b>	20	11	31
<b>2004</b>	13	13	26
<b>2005</b>	17	10	27
<b>2006</b>	26	22	48
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>56</b>	<b>132</b>

**1. Paramètres de la reproduction de l’Hirondelle de cheminée :**

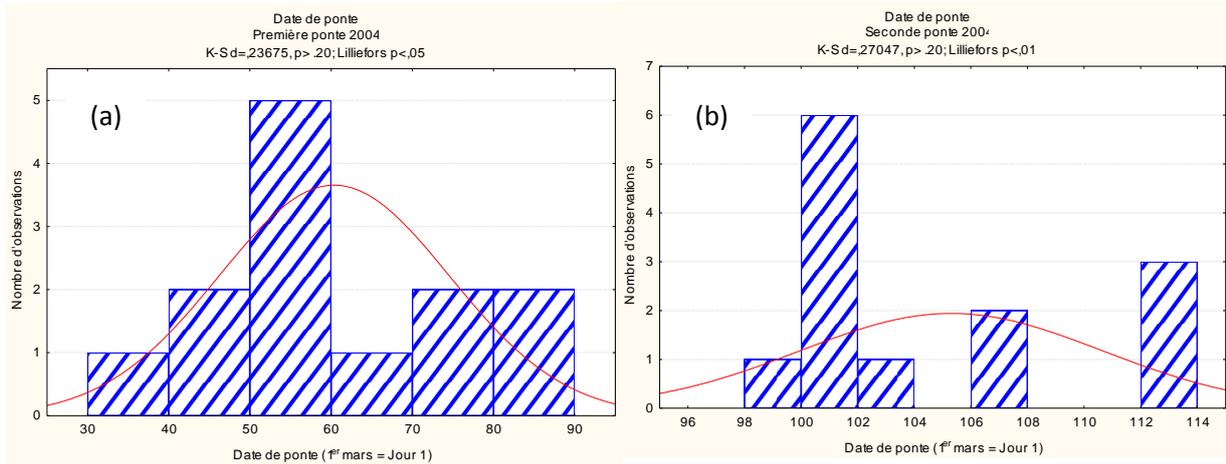
**1.1. Date et période de ponte : (Tab. 5)**

La date moyenne de ponte durant l’année 2003 a lieu le 21 avril pour la première ponte ; le premier œuf du couple le plus précoce a été pondu le 31 mars et celui du plus tardif le 2 juin, soit une durée de ponte de 64 jours [Figure 11 (a)]. Pour la seconde ponte, le premier œuf a été pondu le 15 juin et celui de la nichée tardive le 12 juillet. Par conséquent, la date de ponte moyenne a lieu le 27 juin avec une durée de ponte de 27 jours [Figure 11 (b)]. Il existe un intervalle de 57 jours entre la date moyenne de la première et seconde ponte. La période totale de ponte s’étale sur 104 jours.



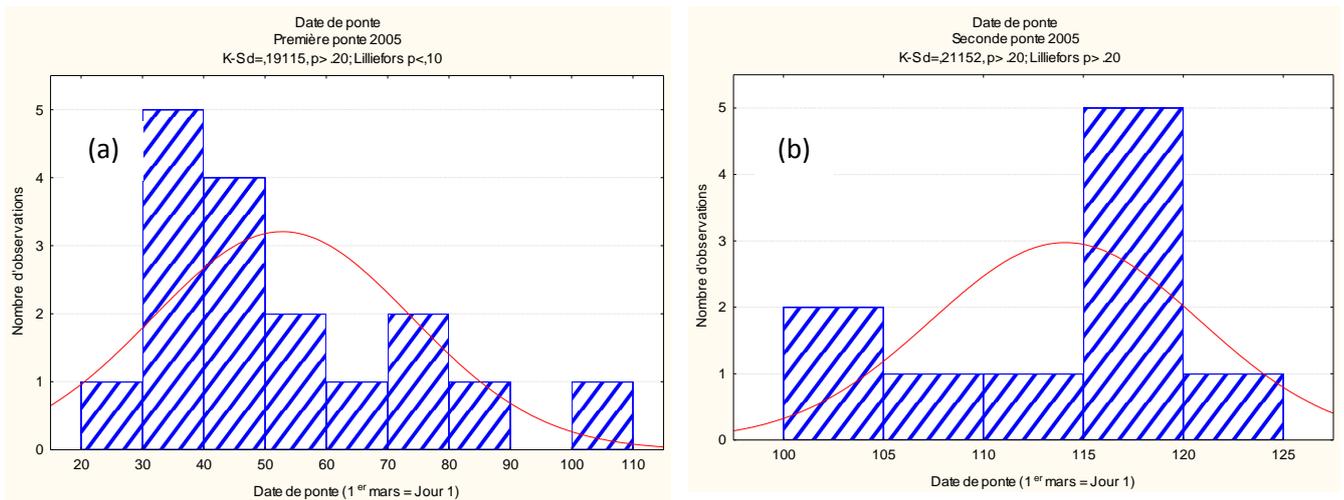
**Figure 11.** Répartition saisonnière des pontes durant la première (a) et la seconde ponte (b) en 2003 de l’Hirondelle de cheminée

En 2004, la date moyenne de ponte est le 29 avril et la durée de la ponte est de 46 jours. Le premier œuf à été pondu le 29 mars et le dernier le 14 juin [Fig. 12(a)]. Pour la seconde ponte la durée de la ponte est de 16 jours, avec le premier œuf qui a été pondu le 7 juin et le dernier le 23 juin ; la durée de la ponte pour cette saison de reproduction est de 79 jours [Fig. 12(b)]



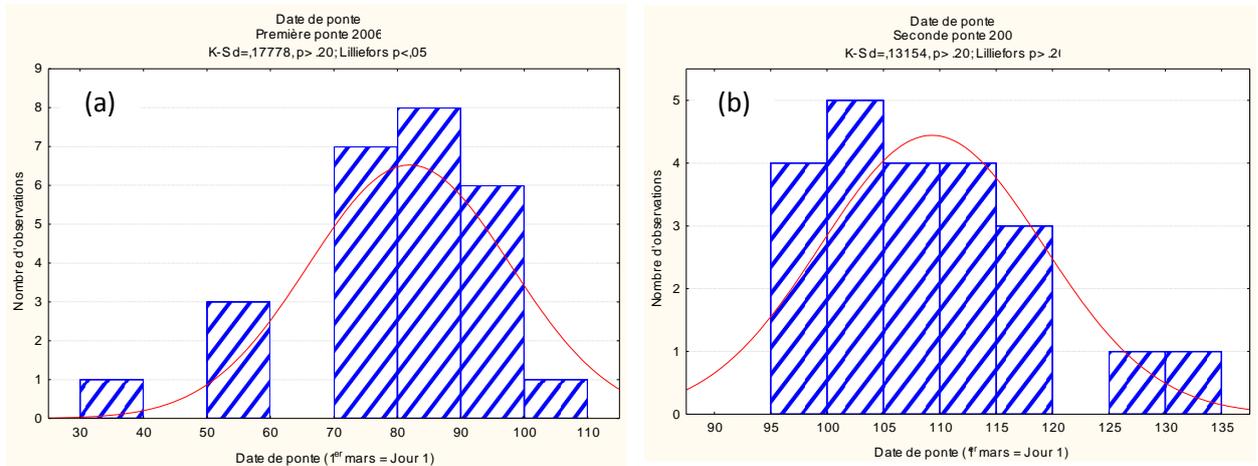
**Figure 12.** Répartition saisonnière des pontes durant la première (a) et la seconde ponte (b) en 2004 de l’Hirondelle de cheminée

Pendant l’année 2005, la date de ponte du premier œuf a lieu 29 mars et le dernier le 23 juin [Fig. 13(a)]. De ce fait la durée de la ponte est de 50 Jours. Quand a la date de ponte moyenne elle a eu lieu le 29 avril. Pour la seconde ponte, la durée de la ponte est de 23 jours, avec un premier œuf pondu le 7 juin et un dernier œuf le 11 juillet ; la date de ponte moyenne a lieu le 14 juin [Fig. 13(b)]. La durée de la ponte durant cette saison est de 86 jours.



**Figure 13.** Répartition saisonnière des pontes durant première (a) et la seconde ponte (b) en 2005 de l’Hirondelle de cheminée

Enfin, pendant l'année 2006, la date de ponte moyenne pour la première ponte à lieu le 20 mai, avec une période de ponte de 70 jours. Le premier œuf à été pondu le 8 avril, et le dernier le 17 juin [Fig.14(a)]. Pour la seconde ponte, la date de ponte moyenne est le 18 juin, avec un premier œuf pondu le 4 juin et un dernier le 14 juillet [Fig.14(b)]. Quand a la période de ponte, elle est de 40 jours.

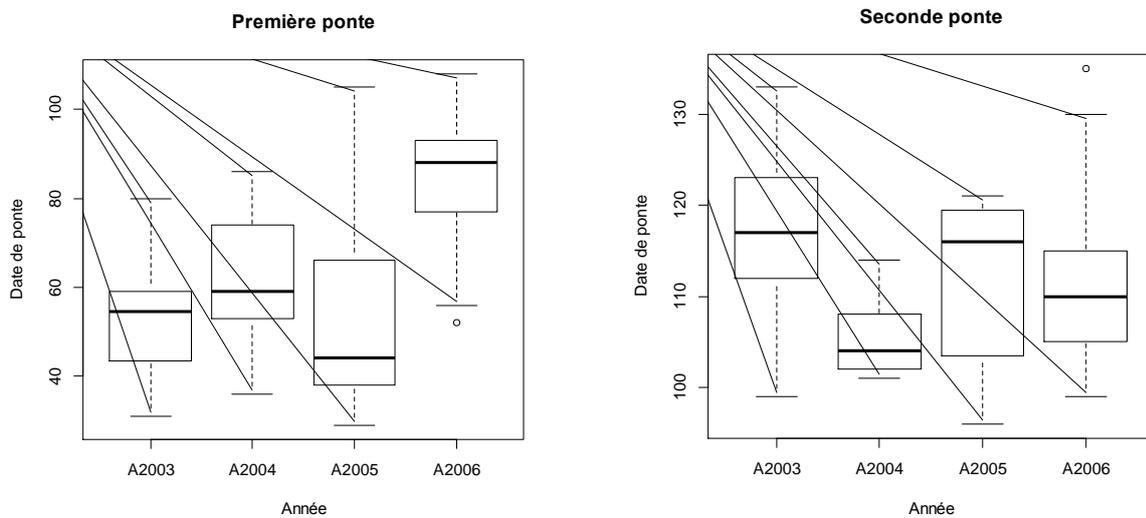


**Figure 14.** Répartition saisonnière des pontes durant première (a) et la seconde ponte (b) en 2003 de l'Hirondelle de cheminée

**Tableau 5.** Date de ponte chez l'Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

Date de ponte	Première ponte	Seconde ponte
2003	(20) 52,10 $\pm$ 12,96 (31 – 80)	(11) 118,73 $\pm$ 7,25 (106 – 133)
2004	(13) 60,38 $\pm$ 14,19 (36 – 86)	(13) 105,31 $\pm$ 5,34 (99 – 121)
2005	(17) 52,82 $\pm$ 21,15 (29 – 105)	(10) 114,10 $\pm$ 6,71 (103 – 132)
2006	(26) 81,92 $\pm$ 15,90 (39 – 108)	(22) 109,32 $\pm$ 9,88 (96 – 135)

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives de la date de ponte durant les saisons d'études pour les premières pontes ( $F = 20,57$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). D'après le test de Tukey, cette différence est constatée entre les années 2006 et 2003 (Différence = 31,54 ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*), 2006 et 2004 (Différence = 21,33 ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*) et 2006 avec 2005 (Différence = 31,58 ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). Durant les secondes pontes, la différence est significative ( $F = 2,90$  ;  $p = 0,04$  ; s.\*) particulièrement entre l'année 2004 et 2003 (Différence = - 10 ;  $p = 0,02$  ; s.\*). (Fig. 15)

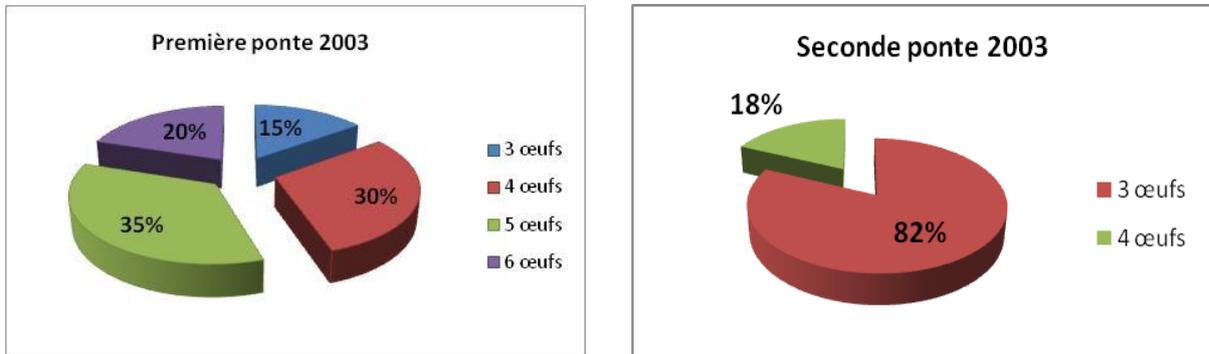


**Figure 15.** Variation de la date de ponte (pour les premières et secondes pontes) durant les saisons d'étude

### 1.2. Grandeur de ponte : (Tab. 6)

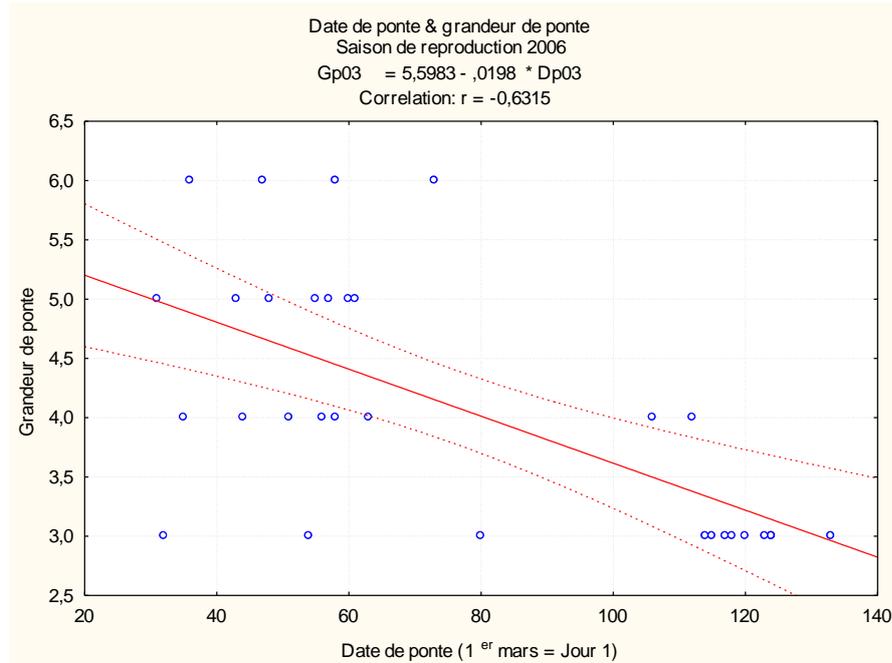
La grandeur de ponte de la première couvée de 2003 est de 4.60 œufs, avec 3 à 6 œufs pondus par nichée. Pour la seconde couvée, la grandeur moyenne de ponte est de 3.18 œufs avec un intervalle de 3 à 4 œufs par femelle. La comparaison entre les deux couvées montre que la grandeur moyenne de ponte est significativement plus élevée (*Très hautement significative*) pour la première ponte par rapport à la seconde ( $t = 4.50$  ;  $ddl = 29$  ;  $p < 0.001$  ; t.h.s.\*\*\*). Le nombre d'œufs par ponte est assez variable, il est pour première ponte en majorité à 5 œufs avec un pourcentage 35% sur le nombre total des pontes. Ensuite, nous avons 30% de pontes à 4 œufs, 20% à 6 œufs et 15% à 3 œufs. Pour la seconde ponte, les

pontes les plus fréquentes sont celles à 3 œufs avec un pourcentage de 82%, suivis par les pontes à 4 œufs avec 18% des pontes. (Fig. 16).



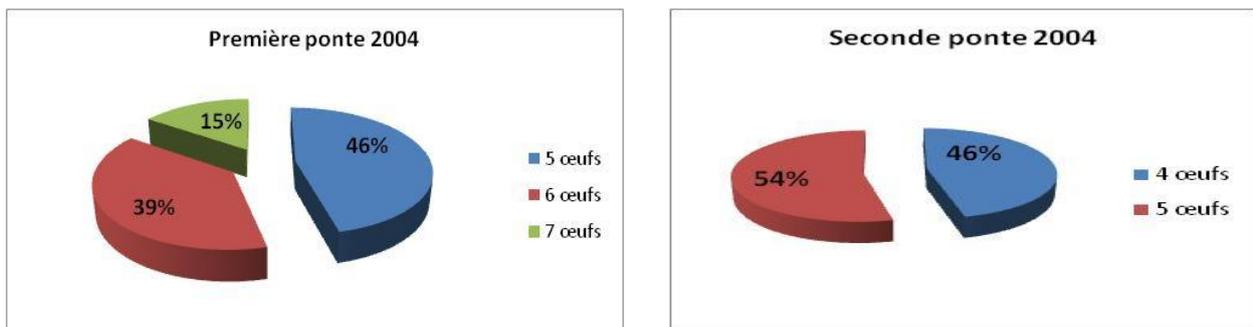
**Figure 16.** Pourcentages des tailles de ponte pour la première (a) et seconde (b) ponte de l'année 2003

La grandeur de ponte diminue au cours la saison de reproduction 2003. En effet, les résultats montrent qu'il existe une corrélation négative et très hautement significative entre les deux paramètres ( $r = -0,63$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 31$  ; t.h.s.\*\*\*). (Fig. 17)



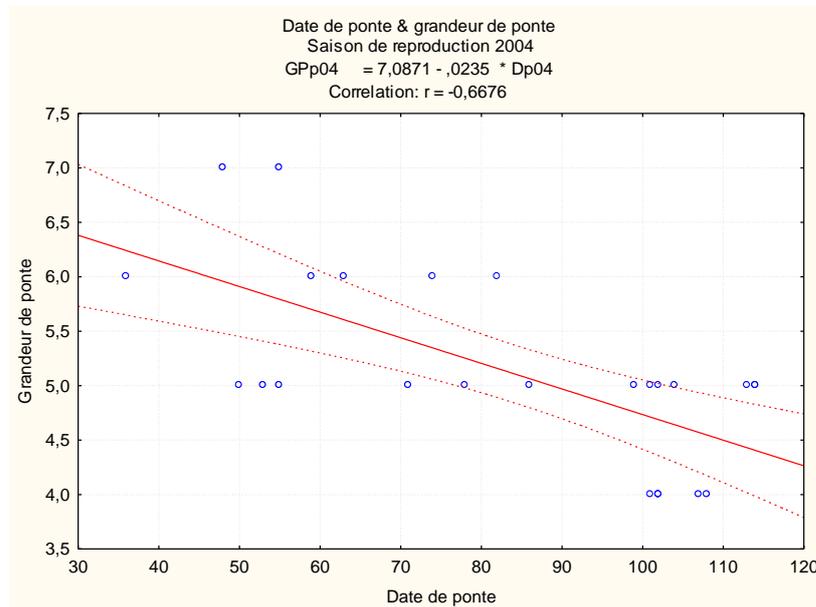
**Figure 17.** Relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte durant la saison de reproduction 2003

Durant l'année 2004, la grandeur de ponte moyenne pour la première ponte est de 5.69 œufs pour 5 à 7 œufs pondus par nichée. Pour la seconde ponte, la grandeur de ponte est de 4.54 œufs, avec 4 à 5 œufs par nichée. Les résultats montrent qu'il existe des différences très hautement significatives de la grandeur de ponte entre les deux pontes ( $t = 4,56$  ;  $ddl = 24$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*)). Les pontes les plus fréquentes durant la première couvée sont celles à 5 œufs (46%), il s'en suit les pontes à 6 œufs (39%) et enfin celles à 7 œufs (15%). Pendant la seconde couvée se sont les pontes à 5 œufs que l'on retrouve le plus (54%), suivies par celles à 4œufs (46%). (Fig. 18)



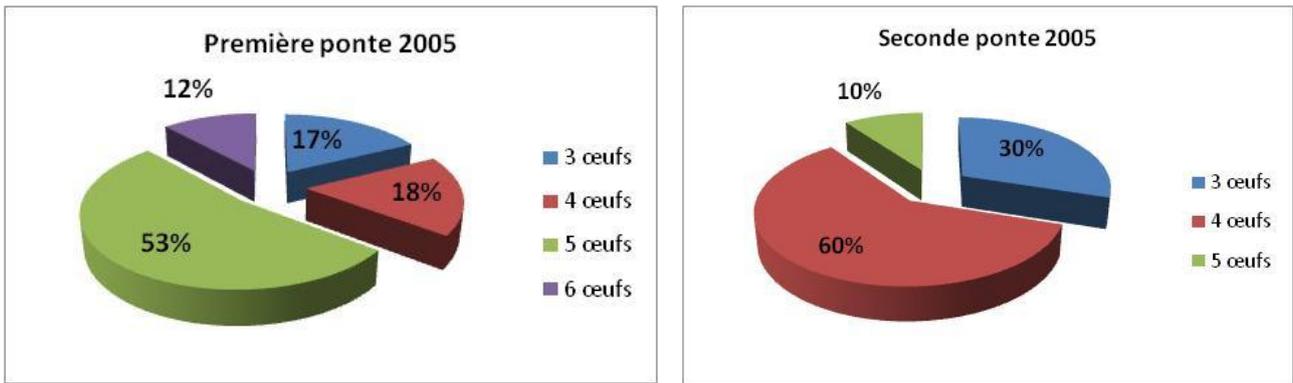
**Figure 18 .** Pourcentages des tailles de pontes pour la première (a) et seconde (b) ponte de l'année 2004

Les résultats montrent qu'il existe une corrélation négative et très hautement significative entre la date de ponte et la grandeur de ponte ( $r = -0,67$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 26$  ; t.h.s.\*\*\*) (Fig. 19). Ce qui signifie que la grandeur de ponte diminue pendant la saison de reproduction.



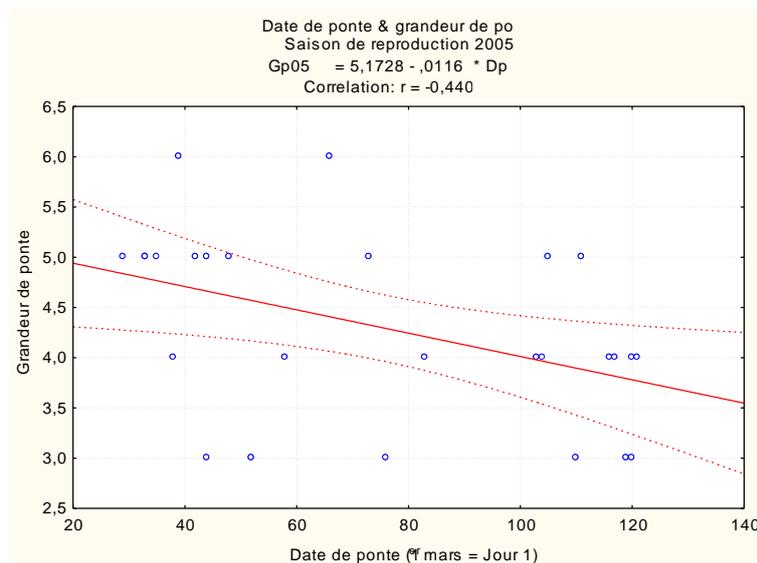
**Figure 19.** Relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte durant la saison de reproduction 2004

Pour l'année 2005, la grandeur de ponte moyenne est de 4.59 œufs avec des tailles de pontes qui varient de 3 à 5 œufs. Durant la seconde ponte la grandeur de ponte moyenne est quant à elle de 3.80 œufs pondus, avec des pontes qui se situent entre 3 et 5 œufs. La comparaison des deux moyennes montre qu'il existe des différences significatives entre les deux pontes de l'espèce ( $t = 2,35$  ;  $ddl = 25$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). Pendant la première ponte, les pontes les plus observées sont celles à 5 œufs (53%), suivies par celles à 4 œufs (18%), 3 œufs (17%) et enfin avec un pourcentage de 12% les pontes à 6 œufs. Durant la seconde ponte se sont les pontes à 4 œufs qui sont les plus fréquentes (60%), suivies par celles à 3 œufs (30%) et à 5 œufs (10%). (Fig. 20)



**Figure 20.** Pourcentages des tailles de pontes pour la première et seconde ponte de l'année 2005

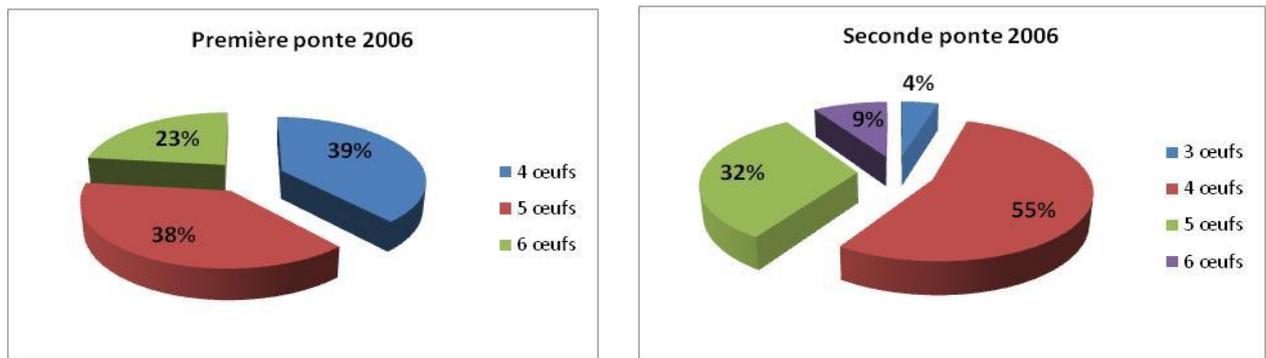
Comme pour les années précédentes, la grandeur de ponte diminue également au cours de la saison de reproduction de l'espèce. En effet, on retrouve l'existence d'une relation négative et significative entre ces deux paramètres ( $r = -0,44$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 27$ , s.\*) (Fig. 21)



**Figure 21.** Relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte durant la saison de reproduction 2005

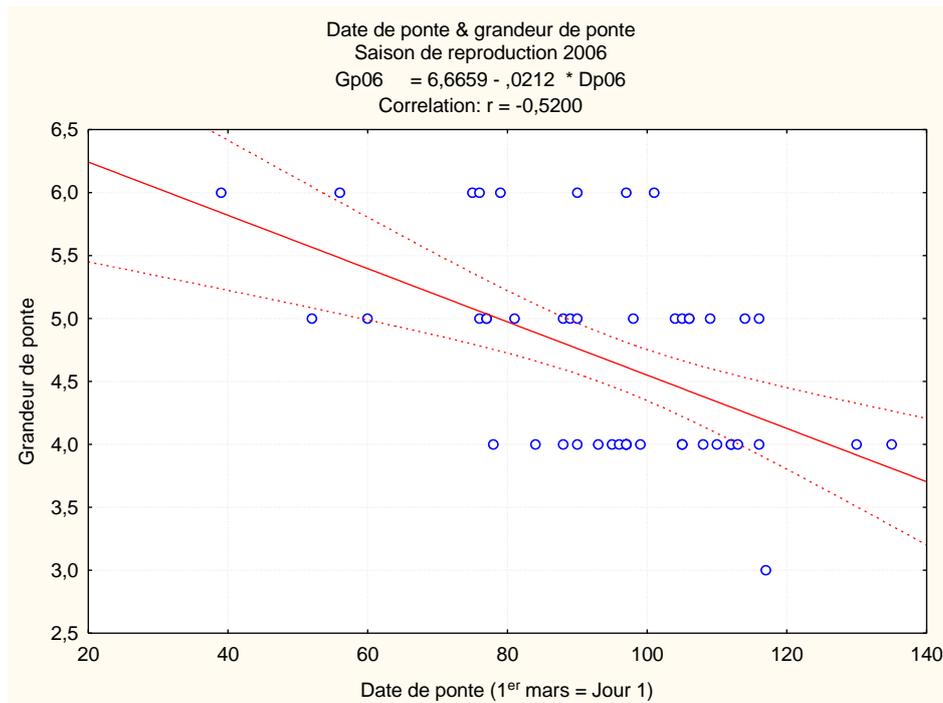
En 2006, la grandeur de ponte moyenne pour la première ponte est de 4.85 œufs pondus, avec des pontes qui varient de 4 à 6 œufs. Pour la deuxième ponte, la date de ponte

moyenne est de 4.45 œufs pondus, avec 3 à 6 œufs pondus par nichée. Il n'y'a pas de différences significative entre première et seconde ponte ( $t = 1,76$  ;  $ddl = 46$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Chez les premières couvées, les pontes les plus fréquentes sont celles à 4 œufs (39%), suivis par celles à 5 œufs (38%) et à 6 œufs (23%). Chez les secondes, ce sont celles à 4 œufs que l'on observe la plus (55%) suivies par les pontes à 5 œufs (32%), à 6 œufs (9%) et à 3 œufs (4%). (Fig. 22)



**Figure 22.** Pourcentages des tailles de pontes pour la première et seconde ponte de l'année 2006

L'analyse statistique montre l'existence d'une relation négative et très hautement significative entre la date de ponte et la grandeur de ponte ( $r = - 0,52$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 48$  ; t.h.s. \*\*\*). Ceci permet de conclure que la grandeur de ponte diminue pendant la saison de reproduction de l'Hirondelle de cheminée. (Fig. 23)

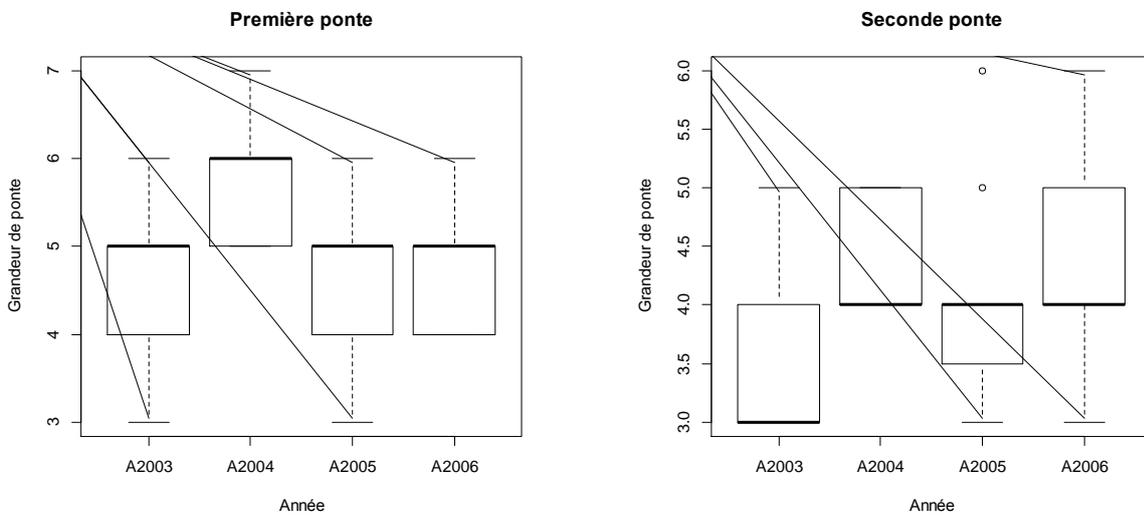


**Figure 23.** Relation entre la date de ponte et la grandeur de ponte durant la saison de reproduction 2006

**Tableau 6.** Grandeur de ponte chez l’Hirondelle de cheminée [(effectif) ; moyenne ± écart type (min - max)]

Grandeur de ponte	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 4,60 ± 0,99 (3 - 6)	(11) 3,18 ± 0,40 (3 - 4)	<b>t = 4,50 ; ddl = 29 ; p = 0,001 ; t.h.s.***</b>
<b>2004</b>	(13) 5,69 ± 0,75 (5 - 7)	(13) 4,54 ± 0,52 (4 - 5)	<b>t = 4,56 ; ddl = 24 ; p = 0,0001 ; t.h.s.***</b>
<b>2005</b>	(17) 4,59 ± 0,94 (3 - 6)	(10) 3,80 ± 0,63 (3 - 5)	<b>t = 2,35 ; ddl = 25; p = 0,03 ; s.*</b>
<b>2006</b>	(26) 4,85 ± 0,78 (4 - 6)	(22) 4,45 ± 0,74 (3 - 6)	t = 1,76 ; ddl = 46 ; p = 0.08 ; n.s.

La grandeur de ponte présente des variations durant les saisons d'études. Elle est hautement significative entre les premières pontes ( $F = 4,8$  ;  $p = 0,004$  ; h.s.\*\*), avec des différences constatées entre l'année 2004 et 2003 (Différence = 1,09 ;  $p = 0,005$  ; h.s.\*\*), l'année 2005 et 2004 (Différence = - 1,03 ;  $p = 0,01$  ; s.\*) et enfin entre l'année 2006 et 2004 (Différence = - 0,89 ;  $p = 0,02$  ; s.\*). Pour les secondes pontes, la grandeur de ponte présente des différences très hautement significatives pendant les saisons d'étude ( $F = 7,24$  ;  $p = 0,0004$  ; t.h.s.\*\*\*), avec des différences observables entre l'année 2004 et 2003 (Différence = 1,08 ;  $p = 0,001$  ; h.s.\*\*\*) et l'année 2006 avec l'année 2003 (Différence = 1,04 ;  $p = 0,0007$  ; t.h.s.\*\*\*). (Fig. 24)



**Figure 24.** Variation de la grandeur de ponte durant les saisons d'étude pour les premières et les secondes pontes

### 1.3. Durée de l'incubation : (Tab. 7)

Durant l'année 2003, la durée moyenne de l'incubation des œufs de la première ponte est de 14.75 jours avec un intervalle compris entre 14 et 16 jours. Pour la seconde ponte, la durée moyenne est de 14.46 jours avec un intervalle de 14 à 15 jours d'incubation. L'analyse statistique montre qu'il existe des différences hautement significative de la durée de l'incubation des œufs entre les deux pontes ( $t = 1.16$  ;  $ddl = 31$  ;  $p < 0.01$  ; h.s.\*\*).

Pendant la saison de reproduction de 2004, la durée de l'incubation des œufs est de 15,36 jours avec des limites se situant entre 15 et 16 jours. Pour la deuxième ponte, la durée moyenne de l'incubation est de 14,92 jours, avec 14 à 16 jours d'incubation par nichée. La comparaison des deux moyenne montre qu'il existe des différences significatives entre les deux pontes ( $t = 2,16$  ;  $ddl = 22$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*).

Pour l'année 2005, la durée de l'incubation est de 15 jours, pour 14 à 16 jours d'incubation par nichée. En ce qui concerne la seconde ponte, la durée moyenne de l'incubation est de 14,40, pour 14 à 15 jours d'incubation par nichée. Les résultats montrent qu'il existe des différences hautement significatives de la durée de l'incubation entre les deux pontes ( $t = 2,98$  ;  $ddl = 25$  ;  $p < 0,01$  ; h.s.\*\*)

En 2006, la durée de l'incubation des œufs issus de la première ponte est de 14,69 jours, avec des valeurs qui se situent entre 13 et 16 jours d'incubation. Pour la seconde ponte, la durée moyenne de l'incubation est de 14,32 jours pour 13 à 16 jours d'incubation par nichée. L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = 1,26$  ;  $ddl = 46$  ;  $p > 0,05$ ; n.s.).

**Tableau 7. Durée de l'incubation chez l'Hirondelle de cheminée**

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

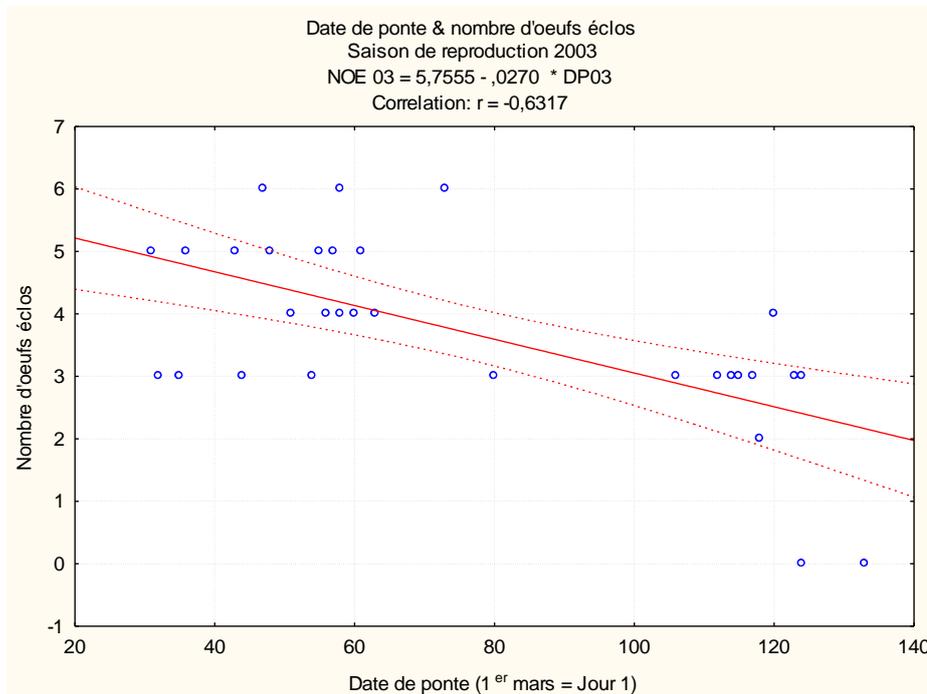
Durée de l'incubation	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 14,75 $\pm$ 0,79 (14 – 16)	(9) 14,46 $\pm$ 0,52 (14 – 15)	<b>t = 1,16 ; ddl = 27 ; p = 0.008 ; h.s.**</b>
<b>2004</b>	(11) 15,36 $\pm$ 0,5 (15 – 16)	(13) 14,92 $\pm$ 0,49 (14 – 16)	<b>t = 2,16 ; ddl = 22 ; p = 0.04 ; s.*</b>
<b>2005</b>	(17) 15 $\pm$ 0,5 (14 – 16)	(10) 14,40 $\pm$ 0,52 (14 – 15)	<b>t = 2,98; ddl = 25; p = 0,006; h.s.**</b>
<b>2006</b>	(26) 14,69 $\pm$ 1,09 (12 – 16)	(22) 14,32 $\pm$ 0,95 (13 – 16)	t = 1,26 ; ddl = 46 ; p = 0.21 ; n.s.

La comparaison des moyennes de la durée de l'incubation pour les quatre années d'étude ne montre pas l'existence de différences que ce soit pour la première (F = 2,44 ; p = 0,07 ; n.s.) ou la seconde ponte (F = 1,61 ; p = 0,20 ; n.s.).

#### 1.4. Nombre d'œufs éclos : (Tab.8)

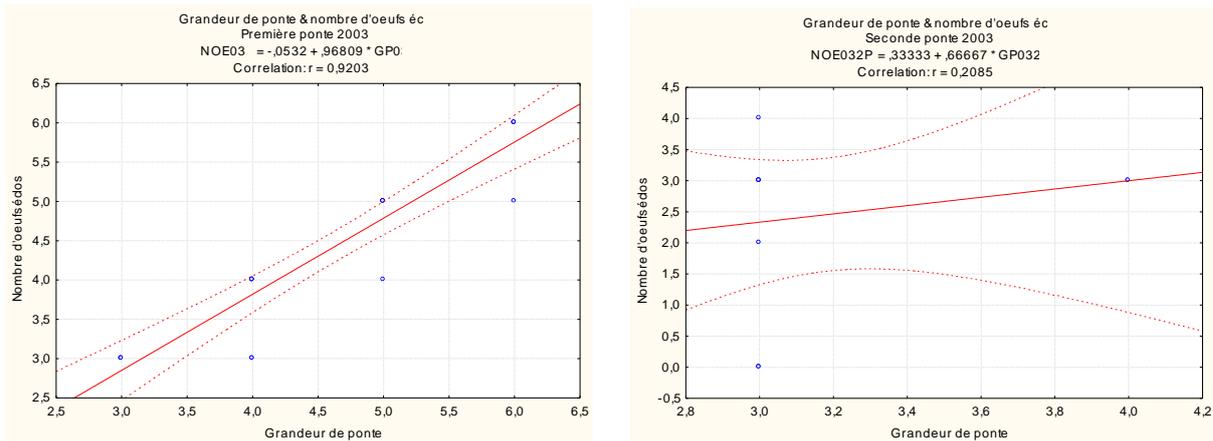
Pour la saison de reproduction 2003, le nombre d'œufs éclos pour la première ponte est en moyenne de 4.40 œufs par nid, avec des limites de 3 à 6 œufs par nichée. En revanche, pour la seconde ponte, cette moyenne est de 2.45 œufs éclos, les limites pour les secondes pontes sont de 0 à 4 œufs éclos. Le nombre d'œufs éclos pour la première ponte est significativement plus élevé (*très hautement significatif*) comparativement à celui de la seconde ponte (t = 4,56 ; ddl = 29 ; p < 0.001 ; t.h.s.\*\*\*).

Il existe une relation négative et très hautement significative entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos ( $r = -0,63$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 31$  ; t.h.s.\*\*\*). Ce qui laisse supposer que le nombre d'œufs éclos diminue au cours de la saison de reproduction. (Fig. 25)



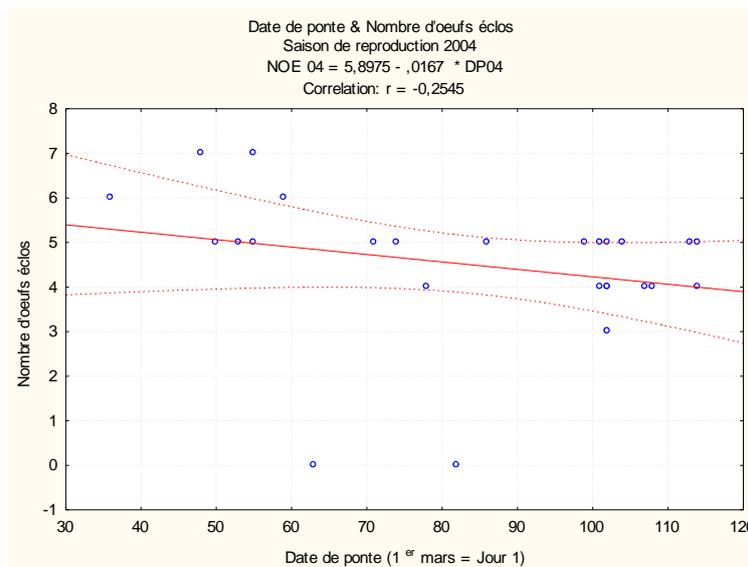
**Figure 25.** Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003

Les résultats montrent également que le nombre d'œufs éclos pour les premières couvées augmente avec l'augmentation de la grandeur de ponte. En effet, il existe une corrélation positive et très hautement significative entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos durant la première ponte ( $r = 0,65$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 26$  ; t.h.s.\*\*\*). Pour la seconde ponte, les résultats obtenus ne montrent pas de relation entre ces deux paramètres ( $r = 0,21$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 11$  ; n.s.). (Fig. 26)



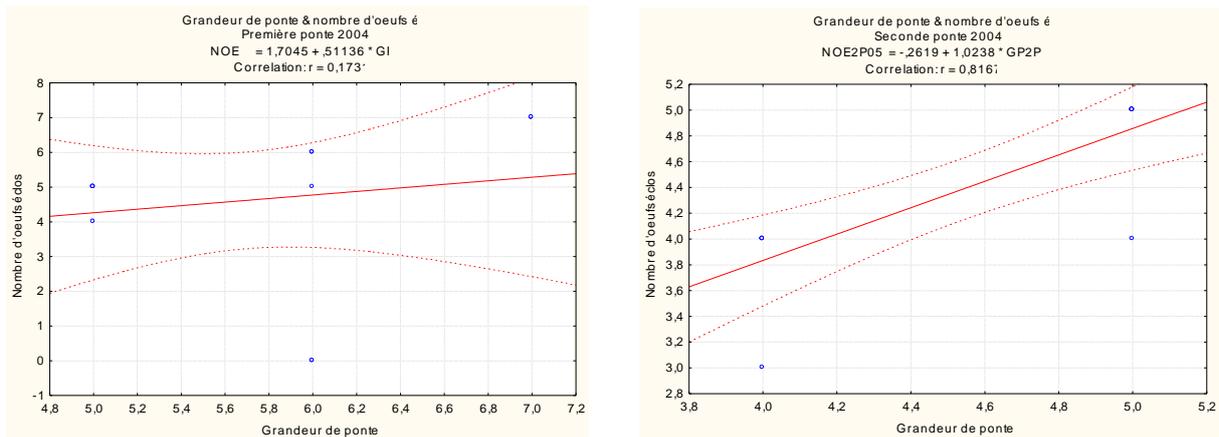
**Figure 26.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d’œufs éclos pour les deux pontes de l’Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003.

Durant la saison de reproduction 2004, le nombre d’œufs éclos est en moyenne pour la première ponte de 4,62 avec de 0 à 7 œufs éclos par nid. En ce qui concerne la seconde ponte, le nombre moyen d’œufs éclos est de 4,38 pour 3 à 5 œufs éclos par nichée. La comparaison des deux moyennes ne montre pas l’existence de différences significative du nombre d’œufs éclos entre les deux pontes ( $t = 0,36$  ;  $ddl = 24$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Il n’existe pas de corrélation entre la date de ponte et le nombre d’œufs éclos ( $r = -0,25$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 26$  ; n.s.) (Fig. 27)



**Figure 27.** Relation entre la date de ponte et le nombre d’œufs éclos l’Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2004

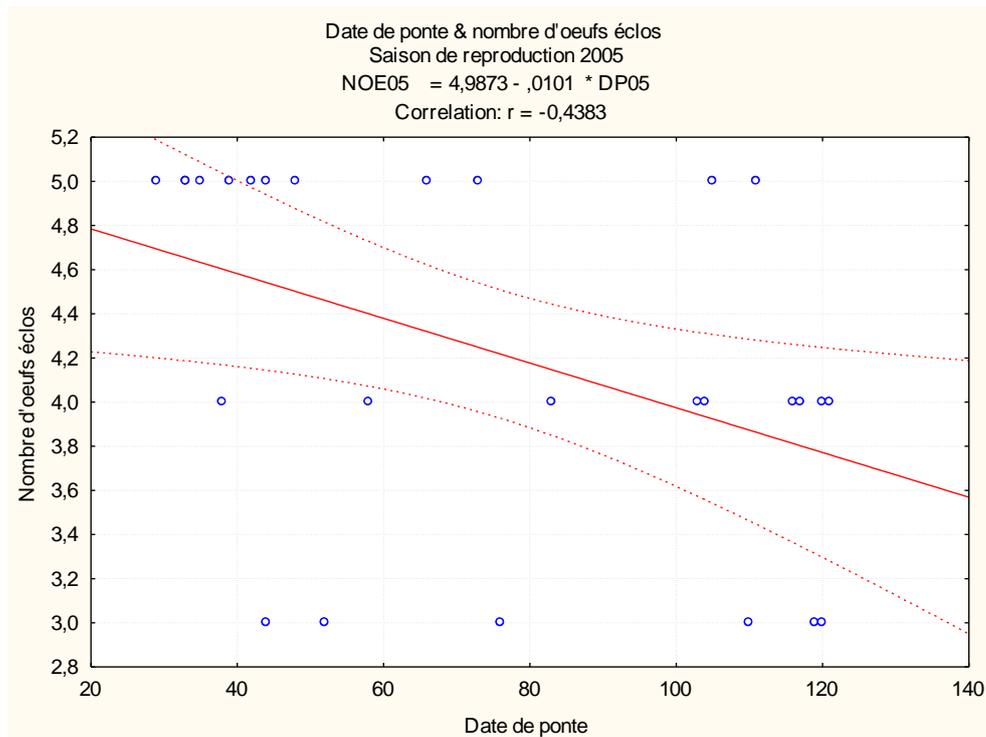
Concernant la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos, les résultats montrent qu'il n'existe pas de relation entre ces deux paramètres pour la première ponte ( $r = 0,17$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 13$  ; n.s.). Par contre pour la deuxième ponte, il existe une relation positive et très hautement significative ( $r = 0,82$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 13$  ; t.h.s.\*\*\*) (Fig. 28). C'est-à-dire que le nombre d'œufs éclos augmente avec la grandeur de ponte durant la seconde ponte.



**Figure 28.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2004.

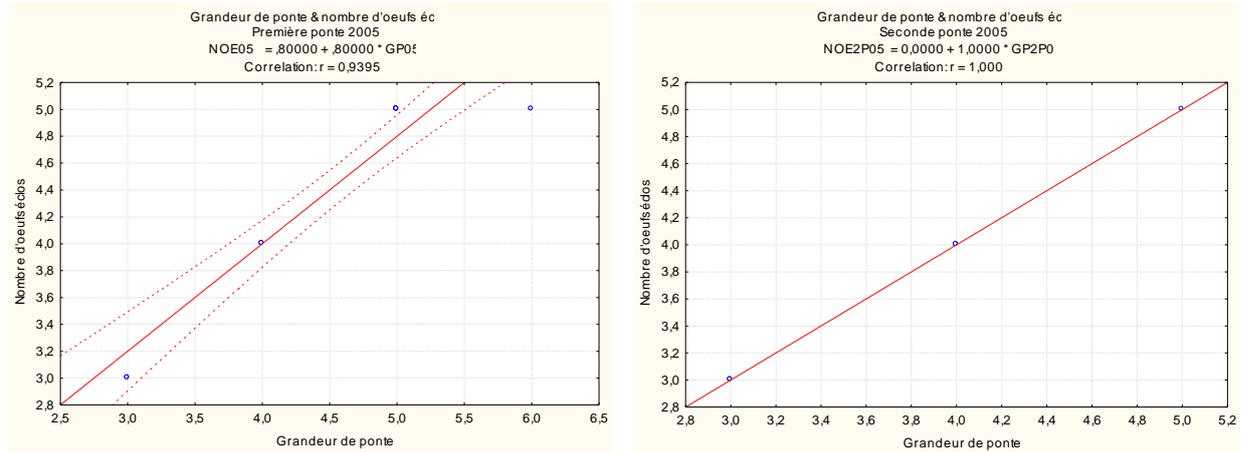
Pour l'année 2005, le nombre d'œufs éclos est en moyenne de 4,47 avec des limites de 3 à 5 œufs éclos par nid. Pour la seconde ponte, la moyenne est de 3,80 œufs éclos pour 3 à 5 œufs éclos par nid. L'analyse statistique montre des différences significatives entre la première et la seconde couvée ( $t = 2,26$  ;  $ddl = 25$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*).

Il existe une corrélation négative et significative entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos ( $r = -0,44$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 27$  ; s.\*). Ce qui signifie que le nombre d'œufs éclos diminue au cours de la saison de reproduction. (Fig. 29)



**Figure 29.** Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005

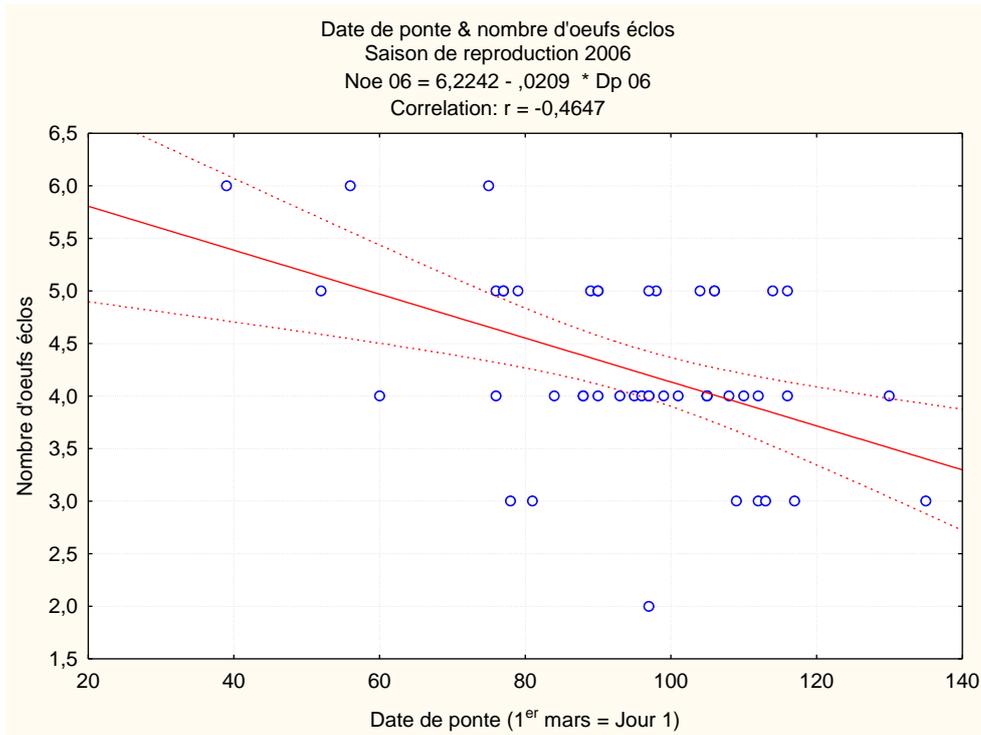
Pour ce qui est de la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos, les résultats montrent qu'il existe des différences très hautement significatives pour la première ( $r = 0,94$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 17$  ; t.h.s.\*\*\*) et la seconde ponte ou le nombre d'œufs éclos est égal à la grandeur de ponte. (Fig. 30)



**Figure 30.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005.

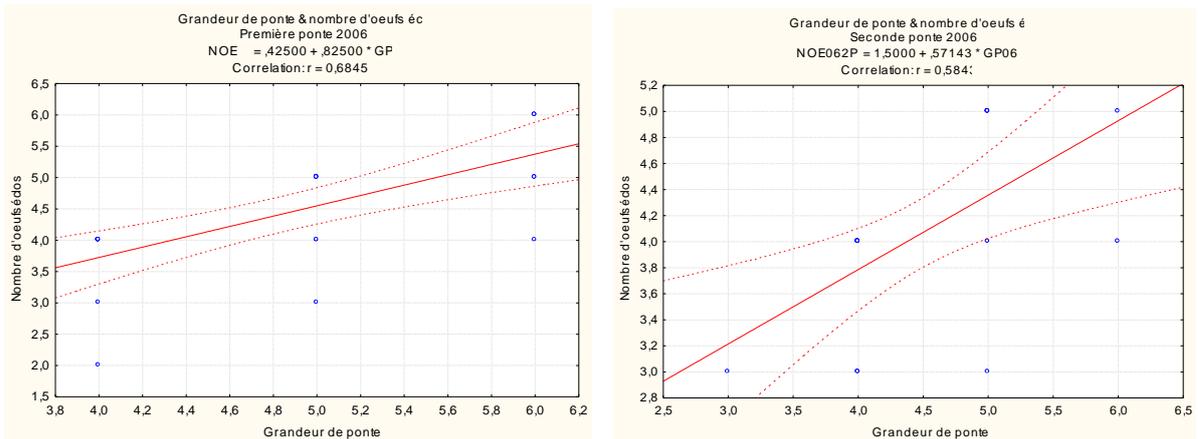
En ce qui concerne la saison de reproduction 2006, la moyenne du nombre d'œufs éclos est de 4,42 pour 2 à 6 œufs éclos par nid. Quand a la seconde ponte, la moyenne est de 4,05 œufs éclos par nid. Il n'existe pas de différences significatives du nombre d'œufs éclos entre les deux pontes ( $t = 1,53$  ;  $ddl = 46$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.).

Les résultats montrent qu'il existe une relation négative et très hautement significative entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos ( $r = - 0,46$  ;  $p = 0,001$  ;  $n = 48$  ; t.h.s.\*\*\*). Ce qui suppose que le nombre d'œufs éclos diminue pendant la saison de reproduction. (Fig. 31)



**Figure 31.** Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006

La corrélation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos est positive et très hautement significative pour la première ponte ( $r = 0,65$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 26$  ; t.h.s.\*\*\*), ainsi que la seconde ( $r = 0,58$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 22$  ; t.h.s.\*\*\*). (Fig. 32)



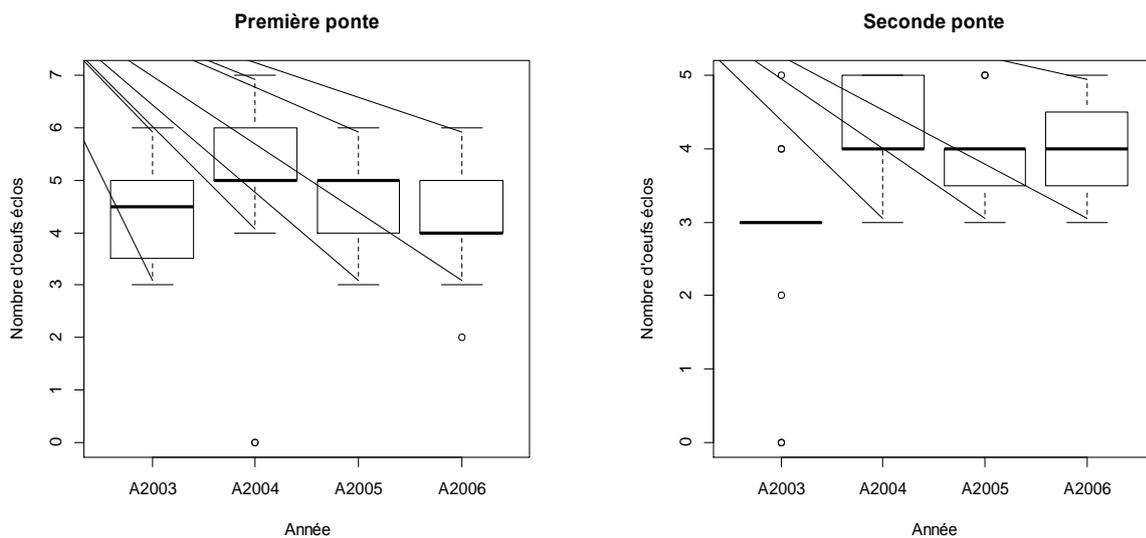
**Figure 32.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.

**Tableau 8 .** Nombre d'œufs éclos chez l'Hirondelle de cheminée

[(effectif) ; moyenne ± écart type (min - max)]

Nombre d'œufs éclos	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 4,40 ± 1,05 (3 – 6)	(11) 2,45 ± 1,29 (0 – 4)	<b>t = 4,56 ; ddl = 29 ; p = 0.00009 ; t.h.s.***</b>
<b>2004</b>	(13) 4,62 ± 2,22 (0 – 7)	(13) 4,38 ± 0,65 (3 – 5)	t = 0,36 ; ddl = 24 ; p = 0.72 ; n.s.
<b>2005</b>	(17) 4,47 ± 0,80 (3 – 5)	(10) 3,80 ± 0,63 (3 – 5)	t = 0,36; ddl =22 ; p = 0,72; n.s.
<b>2006</b>	(26) 4,42 ± 0,95 (2 – 6)	(22) 4,05 ± 0,72 (3 – 5)	t = 1,53 ; ddl = 46 ; p = 0.13 ; n.s.

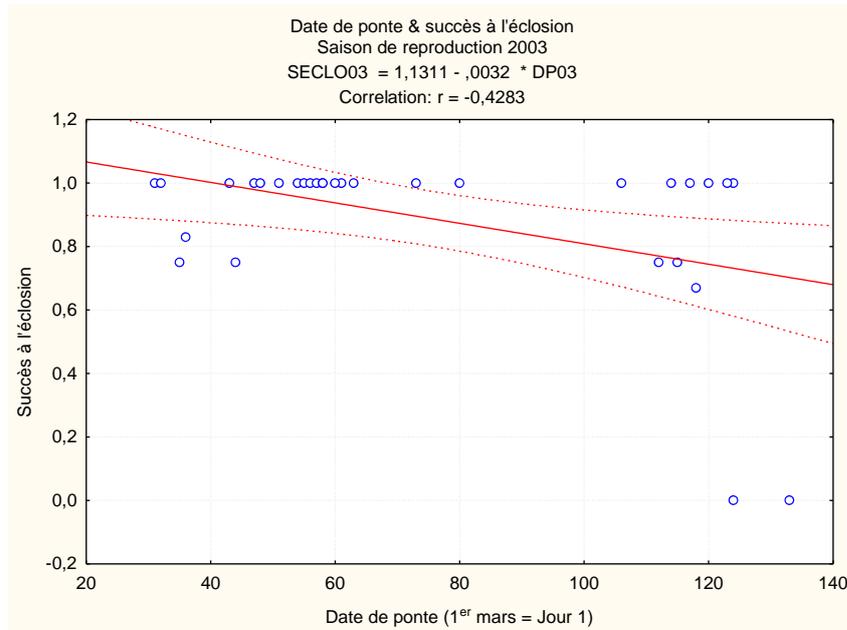
L'analyse de la variation des valeurs de ce paramètre durant les années de l'étude montre qu'il n'existe pas de différences durant la première ponte ( $F = 0,17$  ;  $p = 0,92$  ; n.s.). Pendant la seconde ponte, les données montrent qu'il existe des différences très hautement significatives du nombre d'œufs éclos ( $F = 7,09$  ;  $p = 0,20$  ; t.h.s.\*\*\*). Cette différence est observée entre les années 2004 et 2005 (Différence = 1,54 ;  $p = 0,0005$  ; t.h.s.\*\*\*), entre 2005 et 2003 (Différence = 1,14 ;  $p = 0,02$  ; s.\*) et enfin entre 2006 et 2003 (Différence = 1,23 ;  $p = 0,003$  ; h.s.\*\*). (Fig. 33)



**Figure 33.** Variation du nombre d'œufs éclos durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes

### 1.5. Succès à l'éclosion : (Tab. 9)

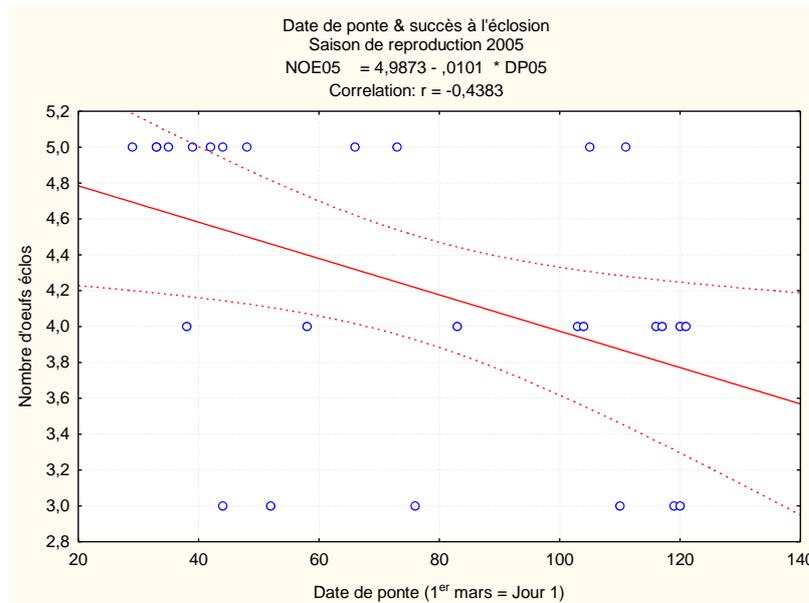
Le succès à l'éclosion est de 97% durant l'année 2003 pour la première. Pour la seconde ponte le succès à l'éclosion est de 74%. L'analyse statistique montre qu'il existe des différences significatives du succès à l'éclosion entre les deux pontes ( $t = 2,51$  ;  $ddl = 29$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). Les résultats montrent également l'existence d'une corrélation négative et significative entre la date de ponte et le succès à l'éclosion ( $r = -0,43$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 31$  ; s.\*) (Fig. 34). C'est-à-dire que le succès à l'éclosion diminue durant la saison de reproduction.



**Figure 34.** Relation entre la date de ponte et le succès à l'éclosion chez l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003

Durant la saison de reproduction 2004, le succès à l'éclosion est de 82% pour la première ponte et 97% pour la seconde ponte. Cependant, il n'existe pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = -1,40$  ;  $ddl = 24$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Les résultats ne montrent pas également l'existence de relations entre la date de ponte et le succès à l'éclosion ( $r = 0,09$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 26$  ; n.s.)

Pour la saison de reproduction 2005, le succès à l'éclosion est de 98% pour la première ponte et 100% pour la seconde. Il n'existe pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = -1,11$  ;  $ddl = 25$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Par contre, les résultats montrent qu'il existe une relation négative et significative entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos ( $r = -0,44$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 27$  ; s.\*). (Fig. 35)



**Figure 35.** Relation entre la date de ponte et le succès à l'éclosion chez l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005

En 2006, le succès de l'éclosion est de 91% pour la première ponte et 92% pour la seconde. L'analyse statistique ne montre pas l'existence de différences significatives entre les deux pontes ( $t = -0,03$  ;  $ddl = 46$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Il n'y a pas également de relation entre la date de ponte et le succès à l'éclosion ( $r = -0,03$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 48$  ; n.s.).

**Tableau 9.** Succès à l'éclosion chez l'Hirondelle de cheminée

[(effectif) ; moyenne ± écart type (min - max)]

Succès à l'éclosion	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 0,97 ± 0,08 (0,75 - 1)	(11) 0,74 ± 0,39 (0 - 1)	<b>t = 2,51 ; ddl = 29 ; p = 0.02 ; s.*</b>
<b>2004</b>	(13) 0,82 ± 0,37 (0 - 1)	(13) 0,94 ± 0,09 (0,75 - 1)	t = - 1,40 ; ddl = 24 ; p = 0.17 ; n.s.

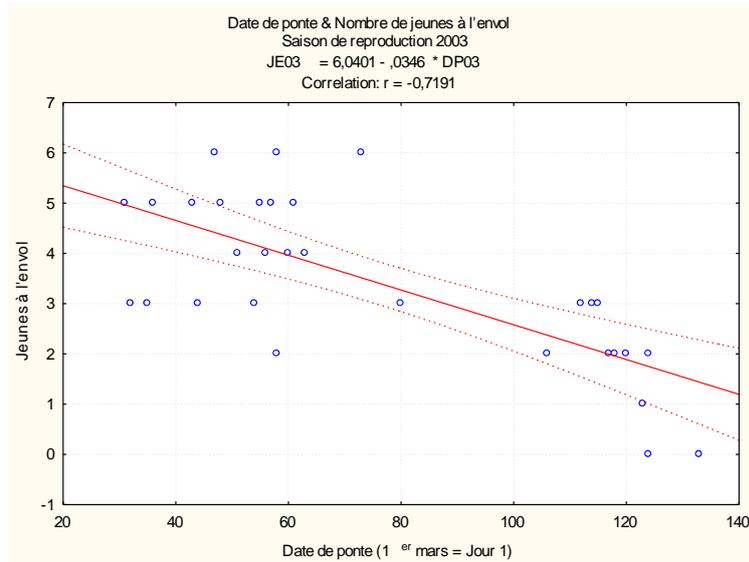
<b>2005</b>	(17) $0,98 \pm 0,06$ (0,83 – 1)	(10) $1 \pm 0$ (1 – 1)	$t = - 1,11$ ; ddl = 25; $p = 0,28$ ; n.s.
<b>2006</b>	(26) $0,91 \pm 0,15$ (0,5 – 1)	(22) $0,92 \pm 0,13$ (0,6 – 1)	$t = - 0,03$ ; ddl = 46 ; $p = 0,97$ ; n.s.

L'analyse de la variation du succès à l'éclosion durant les premières pontes des quatre années d'études montre qu'il n'existe pas de différence de ce paramètre que ce soit pour la première ( $F = 2,52$  ;  $p = 0,07$  ; n.s.) où la seconde ponte ( $F = 2,61$  ;  $p = 0,06$  ; n.s.).

#### **1.6. Jeunes à l'envol : (Tab. 10)**

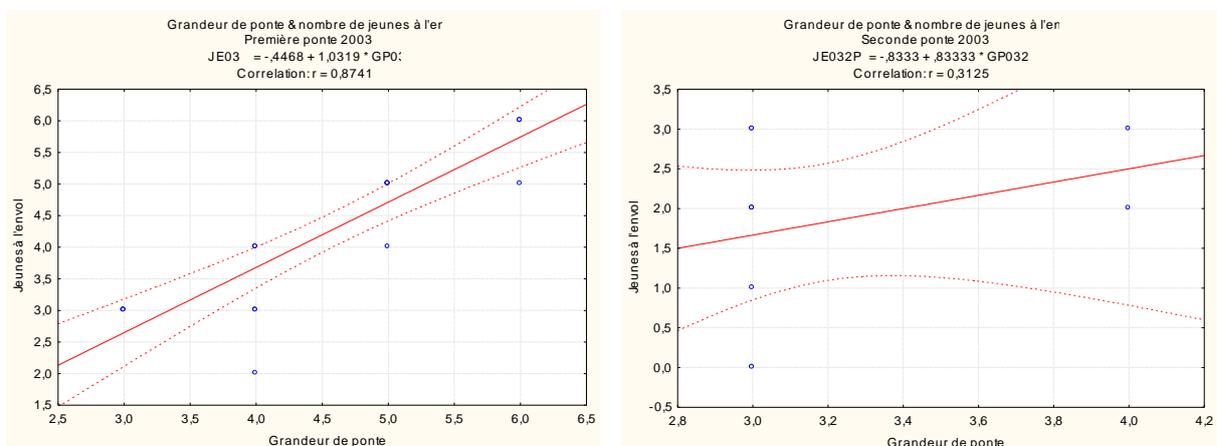
Durant la saison de reproduction 2003, la moyenne du nombre de jeunes à l'envol est de 4,30 pour la première ponte avec des valeurs qui varient entre 2 et 6 jeunes envolés. En revanche pour la seconde ponte, la moyenne est de 1,82 pour 0 à 3 jeunes envolés par nid. L'analyse des données montre qu'il existe des différences très hautement significatives du nombre de jeunes à l'envol entre les deux pontes en faveur de la première ( $t = 5,38$  ; ddl = 33 ;  $p < 0,001$ ; t.h.s.\*\*\*)

Il existe une relation négative et très hautement significatives entre la date de ponte et le nombre de jeunes à l'envol ( $r = - 0,72$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 31$  ; t.h.s.\*\*\*). Ce qui signifie que le nombre d'œufs éclos diminue au cours de la saison de reproduction. (Fig. 36)



**Figure 36.** Relation entre la date de ponte et le nombre de jeunes à l'envol de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003

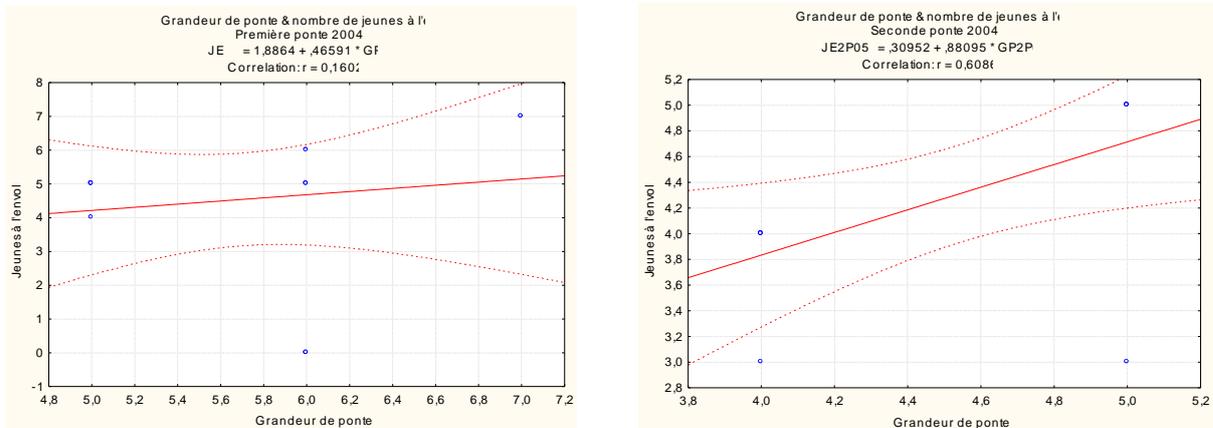
Concernant la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol, les résultats montrent qu'il existe une relation positive et très hautement significative entre ces deux paramètres pour la première ponte ( $r = 0,87$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 20$  ; t.h.s.\*\*\*). Pour la seconde ponte, il n'existe pas de corrélation ( $r = 0,31$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 11$  ; n.s.). (Fig. 37)



**Figure 37.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2003.

Pour l'année 2004, les résultats montrent que la moyenne du nombre de jeunes à l'envol est de 4,54 pour la première ponte, avec de 0 à 7 jeunes à l'envol par nid. En ce qui concerne la seconde ponte, la moyenne du nombre de jeunes à l'envol est de 4,31 avec 3 à 5 jeunes envolés par nid. Les résultats ne montrent pas l'existence de différences significatives du nombre de jeunes à l'envol entre les deux pontes ( $t = 0,36$  ;  $ddl = 24$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

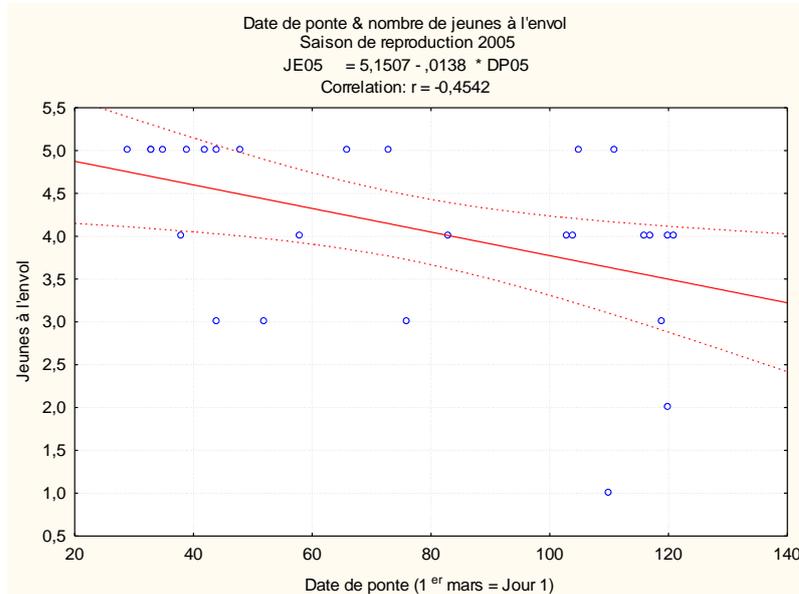
Les résultats montrent qu'il n'existe pas de relation entre la date de ponte et le nombre de jeunes à l'envol ( $r = -0,24$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 26$  ; n.s.). En ce qui concerne la date de ponte et le nombre de jeunes à l'envol, les résultats montrent qu'il n'y a pas de relation entre ces deux paramètres durant la première ponte ( $r = 0,16$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 13$  ; n.s.). Par contre, durant la seconde ponte, il existe une corrélation positive et significative entre ces deux paramètres ( $r = 0,61$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 13$  ; s.\*). (Fig. 38)



**Figure 38.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2004.

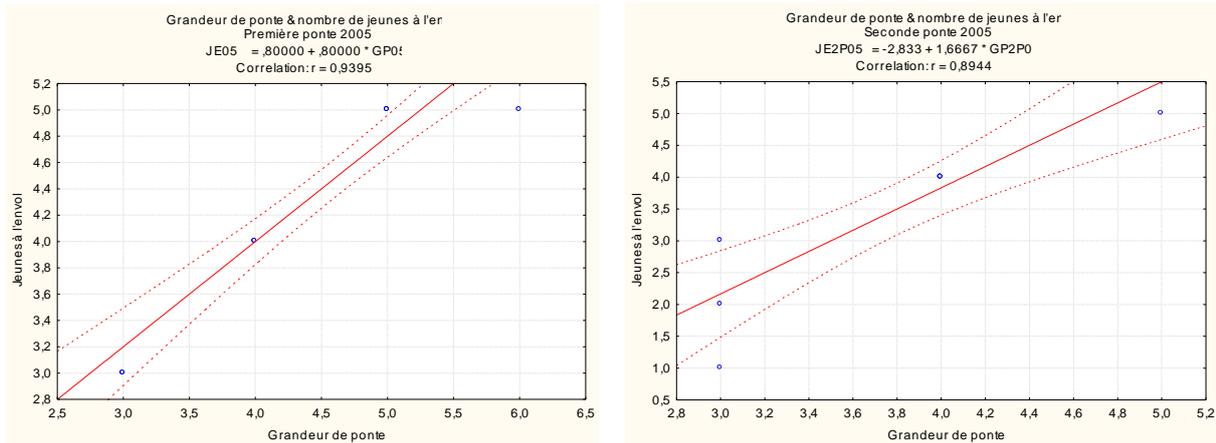
Concernant l'année 2005, le nombre moyen de jeunes à l'envol est de 4,47 pour des valeurs qui varient entre 3 et 5 oisillons envolés. Pour la seconde ponte la moyenne du nombre de jeunes à l'envol est de 3,50 avec de 1 à 5 oisillons envolés. Il existe des différences significatives pour ce paramètre entre les deux pontes ( $t = 2,55$  ;  $ddl = 25$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*)

Nos résultats indiquent qu'il existe une relation négative et significative entre la date de ponte et le nombre de jeunes à l'envol ( $r = -0,45$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 27$  ; s.\*). Ceci veut dire que le nombre de jeunes à l'envol diminue pendant la saison de reproduction (Fig. 39)



**Figure 39.** Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005

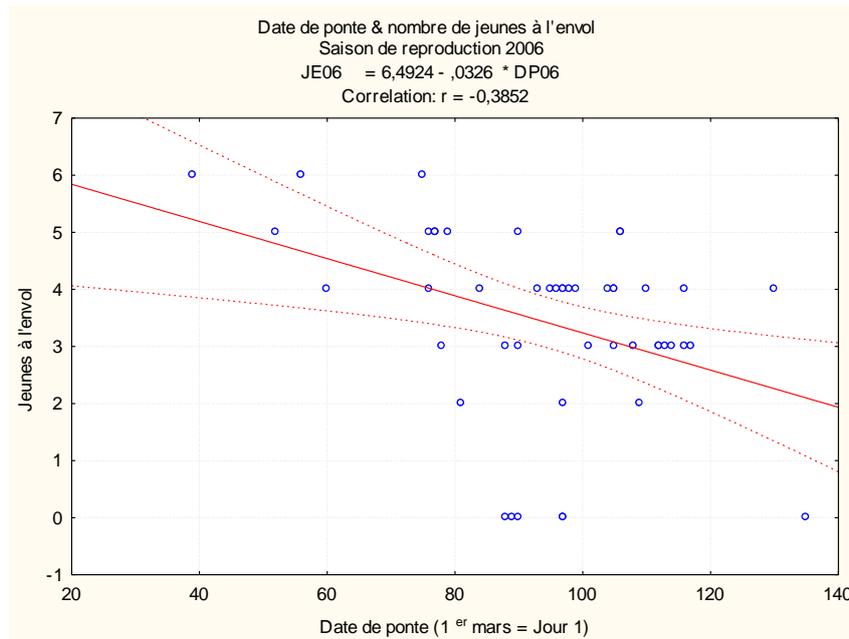
Pour ce qui est de la relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol, les résultats montrent qu'elle est positive et très hautement significative pour la première ( $r = 0,94$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 17$  ; t.h.s.\*\*\*) et la seconde ponte ( $r = 0,89$  ;  $p < 0,001$  ;  $n = 10$  ; t.h.s.\*\*\*). Ce qui veut dire que le nombre de jeunes à l'envol augmente avec le nombre d'œufs pondus. (Fig. 40)



**Figure 40.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l’envol pour les deux pontes de l’Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2005.

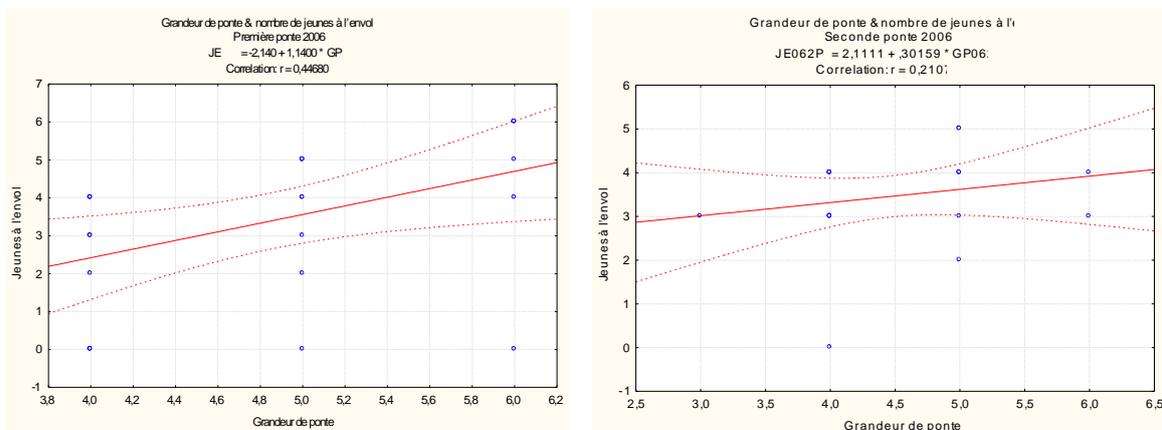
Pendant la saison de reproduction 2006, le nombre moyen de jeunes à l’envol est de 3,38 pour des limites se situant entre 0 et 6 oisillons durant la première ponte. Concernant la seconde ponte, les résultats montrent une valeur moyenne de 3,45 jeunes à l’envol pour 0 à 5 jeunes à l’envol par nid. L’analyse statistique ne montre pas l’existence de différences significatives entre les deux pontes ( $t = -0,15$  ;  $ddl = 46$  ;  $p > 0,88$  ; n.s.)

Les résultats montrent qu’il existe une relation négative et hautement significative entre la date de ponte et le nombre de jeunes à l’envol ( $r = -0,39$  ;  $p < 0,01$  ;  $n = 48$  ; h.s.\*\*). Ce qui signifie que le nombre de jeunes à l’envol diminue au cours de la saison de reproduction. (Fig. 41)



**Figure 41.** Relation entre la date de ponte et le nombre d'œufs éclos l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006

En ce qui concerne la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol, les résultats montrent qu'il existe une relation positive et significative entre ces deux paramètres pour la première ponte ( $r = 0,45$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 26$  ; s.\*). Pour la seconde, les données ne montrent pas l'existence d'une corrélation ( $r = 0,21$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 22$  ; n.s.). (Fig. 42)



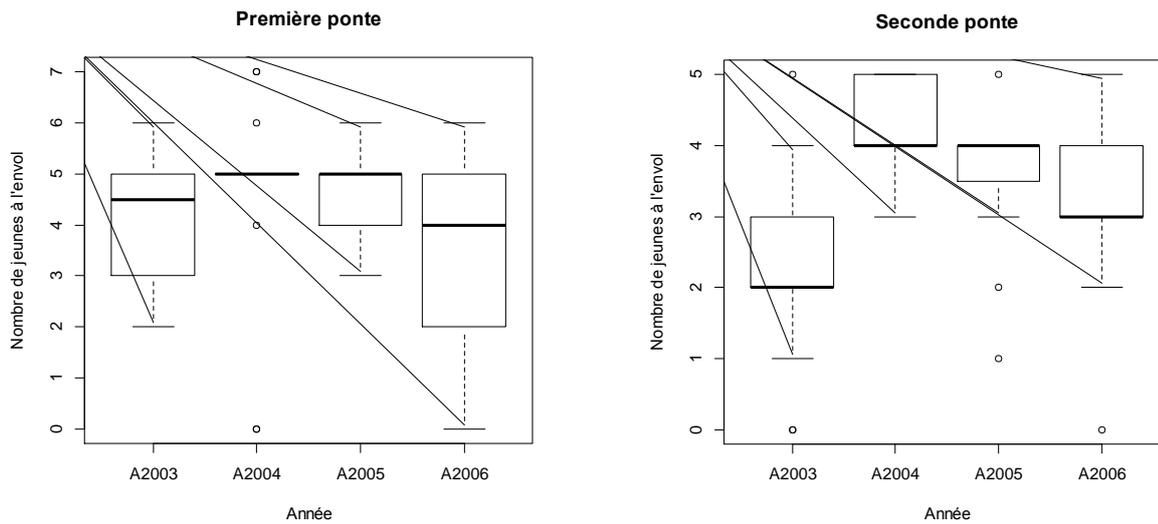
**Figure 42.** Relation entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol pour les deux pontes de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.

**Tableau 10.** Nombre de jeunes à l'envol chez l'Hirondelle de cheminée

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

Jeunes à l'envol	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 4,30 $\pm$ 1,17 (2 - 6)	(15) 1,82 $\pm$ 1,08 (0 - 3)	<b>t = 5,79; ddl = 29 ; p = 0.000 ; t.h.s.***</b>
<b>2004</b>	(13) 4,54 $\pm$ 2,18 (0 - 7)	(13) 4,31 $\pm$ 0,75 (3 - 5)	t = 0,36 ; ddl = 24 ; p = 0.72 ; n.s.
<b>2005</b>	(17) 4,47 $\pm$ 0,80 (3 - 5)	(10) 3,5 $\pm$ 1,18 (1 - 5)	<b>t = 2,55; ddl = 25; p = 0,02; s.*</b>
<b>2006</b>	(26) 3,38 $\pm$ 2,00 (0 - 6)	(22) 3,45 $\pm$ 1,06 (0 - 5)	t = - 0,15 ; ddl = 46 ; p = 0.88 ; n.s.

L'analyse de la variation du nombre de jeunes à l'envol durant les saisons d'études montre qu'il existe durant la première ponte une différence significative de ce paramètre ( $F = 3,02$  ;  $p = 0,04$  ; s.\*) qui est visible entre les deux années 2004 et 2003 (Différence = - 10 ;  $p = 0,02$  ; s.\*). Pour la seconde ponte, la différence est très hautement significative ( $F = 7,06$  ;  $p = 0,0005$  ; t.h.s.\*\*\*), elle se situe entre l'année 2004 et 2003 (Différence = 2 ;  $p = 0,0002$  ; t.h.s.\*\*\*), entre 2005 et 2003 (Différence = 1,31 ;  $p = 0,03$  ; s.\*) et entre 2006 et 2003 (Différence = 1,14 ;  $p = 0,03$  ; s.\*). (Fig. 43)



**Figure 43.** Variation du nombre de jeunes à l'envol durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes

**1.7. Succès à l'envol : (Tab. 11)**

Le succès à l'envol est 98% et 59% respectivement pour la première et seconde ponte de l'année 2003. L'analyse statistique révèle l'existence de différences très hautement significatives ( $t = 4,42$  ;  $ddl = 29$  ;  $p < 0.001$  ; t.h.s.\*\*\*).

Pour la saison de reproduction 2004, le succès à l'envol est de 83% pour la première ponte et 98% pour la seconde ponte. Il n'existe pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = - 1,41$  ;  $ddl = 24$  ;  $p > 0.05$  ; n.s.)

Durant la saison 2005, le succès à l'envol est successivement de 100% pour la première ponte et 90% pour la seconde. Il n'existe pas de différences significatives du succès à l'envol entre les deux pontes de l'espèce ( $t = - 1,85$ ;  $ddl = 25$ ;  $p > 0.05$  ; n.s.)

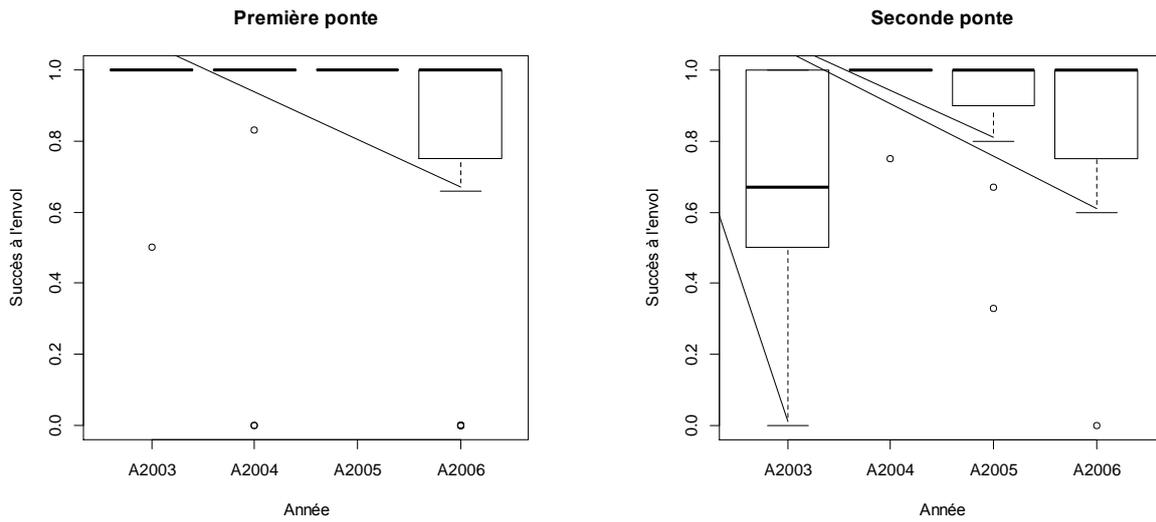
Pour ce qui est du succès à l'envol en 2006, les résultats montrent un succès à 76% pour la première ponte et 85% pour la seconde. L'analyse statistique ne montre pas de l'existence de différences significatives ( $t = - 1,01$  ;  $ddl = 46$  ;  $p > 0.05$  ; n.s.)

**Tableau 11.** Succès à l'envol des jeunes de l'Hirondelle de cheminée

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

Succès a l'envol	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 0,98 $\pm$ 0,11 (0,5 - 1)	(15) 0,59 $\pm$ 0,37 (0 - 1)	<b>t = 4,42 ; ddl = 29 ; p = 0,0001 ; t.h.s.***</b>
<b>2004</b>	(13) 0,83 $\pm$ 0,37 (0 - 1)	(13) 0,98 $\pm$ 0,07 (0,75 - 1)	t = - 1,41 ; ddl = 24 ; p = 0,17 ; n.s.
<b>2005</b>	(17) 1 $\pm$ 0 (1 - 1)	(10) 0,90 $\pm$ 0,23 (0,33 - 1)	t = 1,85 ; ddl = 25 ; p = 0,08 ; n.s.
<b>2006</b>	(26) 0,76 $\pm$ 0,39 (0 - 1)	(22) 0,85 $\pm$ 0,23 (0 - 1)	t = - 1,01 ; ddl = 46 ; p = 0,09 ; n.s.

Le succès à l'envol montre des différences significatives pendant la première ponte pour les quatre années de l'étude ( $F = 3,82$  ;  $p = 0,02$  ; s.\*), cette différence est observée entre l'année 2006 et 2003 (Différence = - 0,23 ;  $p = 0,04$  ; s.\*) et entre l'année 2006 et 2005 (Différence = - 0,25 ;  $p = 0,02$  ; s.\*). Pendant la seconde ponte, cette différence est également significative ( $F = 4,01$  ;  $p = 0,02$  ; s.\*), elle est observée entre les années 2004 et 2003 (Différence = 0,33 ;  $p = 0,008$  ; h.s.\*\*). (Fig. 44)



**Figure 44.** *Variation du succès à l'envol durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes*

**1.8. Succès de la reproduction :** (Tab. 12)

Le succès de la reproduction pour la saison de reproduction 2003 est de 93% pour la première ponte et 53% pour la seconde. L'analyse statistique met en évidence l'existence de différences très hautement significatives entre les deux pontes ( $t = 4,90$  ;  $ddl = 29$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*)

Pour la saison de reproduction 2004, le succès de la reproduction est respectivement de 80% et 95% pour la première et la seconde ponte. L'analyse statistique des données ne montre pas de différences significatives de ce paramètres entre les deux pontes ( $t = -1,36$  ;  $ddl = 24$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

Concernant le succès de la reproduction pour l'année 2005, les résultats montrent un pourcentage de 98% pour la première ponte et 90% pour la seconde. Il n'existe pas de différences significatives entre les deux pontes de l'espèce ( $t = 1,41$  ;  $ddl = 25$  ;  $p > 0,05$  ; n.s. )

Enfin, pour la saison 2006, les résultats obtenus ne montrent pas de différences du succès de la reproduction ( $t = -1,01$  ;  $ddl = 46$  ;  $p > 0.05$  ; n.s.). En effet, ce dernier est de 69% pour la première ponte et 79% pour la seconde.

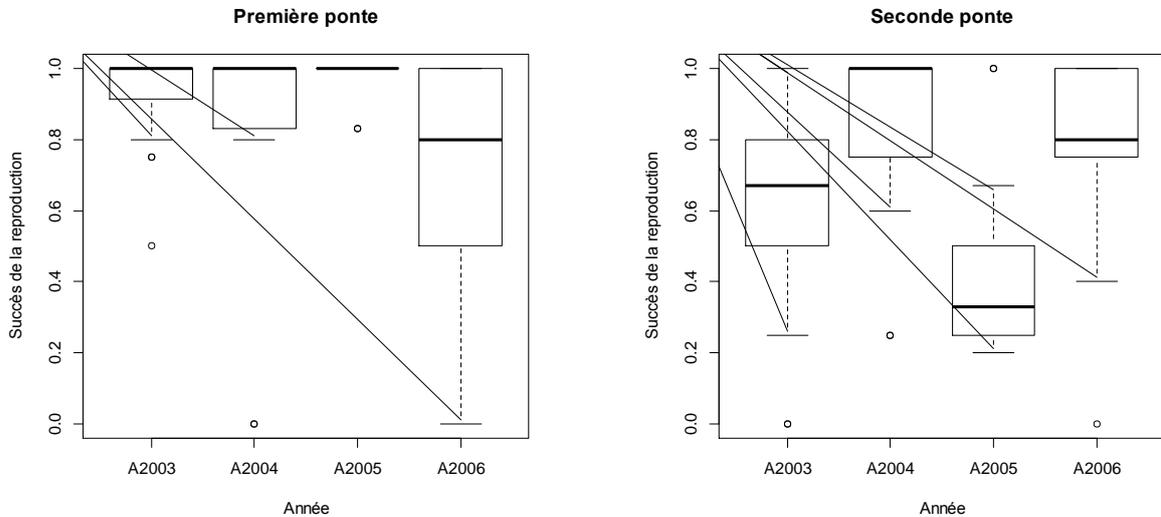
**Tableau 12.** Succès de la reproduction chez l'Hirondelle de cheminée

*[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]*

Succès de la reproduction	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 0,93 $\pm$ 0,14 (0,5 – 1)	(13) 0,69 $\pm$ 0,22 (0,25 – 1)	<b>t = 4,90 ; ddl = 29 ; p = 0,00003 ; t.h.s.***</b>
<b>2004</b>	(13) 0,80 $\pm$ 0,37 (0 – 1)	(13) 0,95 $\pm$ 0,13 (0,6 – 1)	t = - 1,36 ; ddl = 24, p = 0,19, n.s.
<b>2005</b>	(17) 0,98 $\pm$ 0,06 (0,83 – 1)	(10) 0,90 $\pm$ 0,23 (0,33 – 1)	t = 1,41; ddl = 25; p = 0,17; n.s.
<b>2006</b>	(26) 0,69 $\pm$ 0,38 (0 – 1)	(22) 0,79 $\pm$ 0,25 (0 – 1)	t = - 1,01 ; ddl = 46 ; p = 0,31, n.s.

Le succès de la reproduction montre des différences hautement significatives pendant la première ponte pour les quatre années d'études ( $F = 5,12$  ;  $p = 0,003$  ; h.s.\*\*), cette différence est observée entre l'année 2006 et 2003 (Différence = - 0,25 ;  $p = 0,02$  ; s.\*) et entre l'année 2006 et 2005 (Différence = - 0,30 ;  $p = 0,004$  ; h.s.\*\*). Pendant la seconde ponte, la différence du succès de la reproduction est également hautement significative ( $F = 4,49$  ;  $p = 0,007$  ; h.s.\*\*). La différence est observée entre l'année 2005 et 2004 (Différence =

- 0,39 ;  $p = 0,01$  ; s.\*) et entre l'année 2006 et 2005 (Différence = 0,33 ;  $p = 0,02$  ; s.\*). (Fig. 45)



**Figure 45.** Variation du succès de la reproduction durant les saisons d'études pour les premières et les secondes pontes

## 2. Paramètres des pulli de l'Hirondelle de cheminée : (Tab. 13)

### 2.1. Masse à 15 jours :

La masse moyenne des poussins à 15 jours est de 20,45 g pour la première ponte. Pour la seconde ponte, elle est de 18,87 g. Les résultats ne montrent pas de différences significatives ( $t = 2,17$  ;  $ddl = 16$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*).

Pour l'année 2004, la masse à 15 jours est de 20,01g. Concernant la seconde ponte la masse moyenne est de 19,36 g. L'analyse statistique ne montre pas l'existence de différences significatives ( $t = 1,02$  ;  $ddl = 18$  ;  $p > 0,05$ , n.s.)

Durant la saison de reproduction 2005, la masse moyenne des oisillons est de 19,51 g pour la première ponte et 19,5 g pour la seconde. Il n'existe pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = 0,03$  ;  $ddl = 24$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

Concernant la saison 2006, la masse des oisillons à 15 jours est de 20,76g. Durant la seconde ponte la masse moyenne est de 19,61g. Les résultats ne montrent pas de différences significatives ( $t = 1,43$  ;  $ddl = 20$  ;  $P > 0,05$  ; n.s.)

**Tableau 13 . Masse à 15 jours des pulli de l'Hirondelle de cheminée**

*[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]*

Masse a 15 jours (g)	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(11) 20,45 $\pm$ 1,50 (17,45 – 23,4)	(7) 18,87 $\pm$ 1,53 (16,5 – 21,55)	<b>t = 2,17 ; ddl = 16,</b> <b>p = 0,04, s.*</b>
<b>2004</b>	(10) 20,01 $\pm$ 1,13 (18,2 – 22,3)	(10) 19,36 $\pm$ 1,66 (15,80 – 22,5)	t = 1,02 ; ddl = 18, p = 0,32, n.s.
<b>2005</b>	(16) 19,51 $\pm$ 0,86 (17,48 – 20,7)	(10) 19,5 $\pm$ 0,56 (19 – 20,45)	t = 0,03; ddl = 24; p = 0,97; n.s.
<b>2006</b>	(8) 20,76 $\pm$ 2,86 (14 – 23,6)	(14) 19,61 $\pm$ 0,73 (18,7 – 21,7)	t = 1,43 ; ddl = 20, p = 0,17 ; n.s.

L'analyse de la variation de la masse à 15 jours durant les quatre saisons de reproductions ne montre pas l'existence de différence et ceci pour la première ( $F = 0,67$  ;  $p = 0,57$  ; n.s.) où la seconde ponte ( $F = 0,28$  ;  $p = 0,84$  ; n.s.).

**2.2. Longueur du tarse : (Tab. 14)**

La longueur du tarse des oisillons présente durant la saison de reproduction 2003 pour la première ponte une moyenne de 11,40 mm. Pour la seconde ponte cette moyenne est de 11,44 mm. L'analyse statistique ne montre pas l'existence de différences significatives entre les deux pontes ( $t = - 0,35$  ;  $ddl = 28$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

Durant la saison de reproduction 2004, la moyenne de la longueur du tarse des oisillons issus de la première ponte est de 11,30 mm. Concernant la seconde ponte la valeur moyenne est de 11,32 mm. Les résultats ne montre pas de différences significatives entre les deux pontes de l'espèce ( $t = - 0,27$  ;  $ddl = 18$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

En ce qui concerne la saison 2005, la longueur moyenne du tarse des oisillons de la première ponte est de 11,38 mm. Pour ce qui est de la seconde ponte, la longueur du tarse est en moyenne de 11,41 mm ( $t = - 0,35$  ;  $ddl = 24$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

Enfin pour la saison de reproduction 2006, la longueur du tarse est en moyenne de 11,49 mm et 11, 30 mm pour la première et la seconde ponte. Il n'y à pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = 1,71$  ;  $ddl = 26$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

**Tableau 14.** Longueur du tarse des pulli de l'Hirondelle de cheminée

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

Longueur du tarse (mm)	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 11,40 $\pm$ 0,31 (10,84 – 12,02)	(10) 11,44 $\pm$ 0,17 (11,07 – 11,71)	t = - 0,35 ; ddl = 28 ; p = 0,73; n.s.
<b>2004</b>	(10) 11,30 $\pm$ 0,15 (10,11 – 11,59)	(10) 11,32 $\pm$ 0,18 (10,98 – 11,59)	t = - 0,27; ddl = 18; p = 0,79; n.s.
<b>2005</b>	(17) 11,38 $\pm$ 0,13 (11,11 – 11,59)	(10) 11,41 $\pm$ 0,2 (11,22 – 11,83)	t = - 0,35; ddl = 24; p = 0,73; n.s.
<b>2006</b>	(20) 11,49 $\pm$ 0,29 (11,10 – 12,23)	(8) 11,30 $\pm$ 0,15 (11,18 – 11,63)	t = 1,71 ; ddl = 26 ; p = 0,09 ; n.s.

Les résultats obtenus ne montrent pas de variations de la longueur du tarse durant les saisons d'études que ce soit pour la première (F = 1,25 ; p = 0,30 ; n.s.) où la seconde ponte (F = 1,11 ; p = 0,36 ; n.s.).

### 2.3. Longueur de l'aile : (Tab. 15)

La longueur de l'aile des oisillons et durant l'année 2003 de 102,94 mm pour les oisillons de la première ponte et 99,29 mm pour ceux de la seconde. Les résultats ne montrent pas l'existence de différences significatives entre les deux pontes (t = 0,88 ; ddl = 28 ; p > 0,05, n.s.)

Durant la saison de reproduction 2004, la longueur moyenne de l'aile des oisillons est de 102,58 mm pour la première ponte et 101,58 mm pour la seconde. Il n'existe pas de différences significatives entre les deux pontes de l'espèce ( $t = 0,20$  ;  $ddl = 28$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

Pour ce qui est de la saison 2005, la longueur moyenne de l'aile est successivement pour les deux pontes de 106,12 mm et 102,46 mm. L'analyse statistique ne montre pas l'existence de différences significatives entre première et seconde ponte ( $t = 1,02$  ;  $ddl = 25$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

En 2006, la longueur moyenne de l'aile durant les deux pontes de l'espèce est de 103,33 mm pour la première ponte et 94,49mm pour la seconde. L'analyse des données montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les deux pontes en faveur de la première ( $t = 3,60$  ;  $ddl = 26$  ;  $p = 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*)

**Tableau 15.** Longueur de l'aile des pulli de l'Hirondelle de cheminée

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

Longueur de l'aile (mm)	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 102,94 $\pm$ 11,77 (83 – 123)	(10) 99,29 $\pm$ 7,94 (90 – 118)	$t = 0,88$ , $ddl = 28$ ; $p = 0,38$ ; n.s.
<b>2004</b>	(10) 102,58 $\pm$ 9,70 (90,75 – 113)	(10) 101,58 $\pm$ 12,19 (79,20 – 115,8)	$t = 0,20$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,84$ ; n.s.
<b>2005</b>	(17) 106,12 $\pm$ 8,44 (96 – 119)	(10) 102,46 $\pm$ 9,88 (90,5 – 121,5)	$t = 1,02$ ; $ddl = 25$ ; $p = 0,32$ ; n.s.
<b>2006</b>	(20) 103,33 $\pm$ 6,13 (95,4– 121)	(8) 94,49 $\pm$ 6,08 (87,75 – 102,33)	<b><math>t = 3,60</math> ; <math>ddl = 26</math> ;</b> <b><math>p = 0,001</math> ; t.h.s.***</b>

L'analyse de la variation de la longueur de l'aile durant les saisons d'études ne montre pas l'existence de différence pour la première ( $F= 0,68$  ;  $p = 0,57$  ; n.s.) et la seconde ponte ( $F= 1,26$  ;  $p = 0,31$  ; n.s.).

### **2.4. Longueur de la queue : (Tab. 16)**

La longueur moyenne de la queue des oisillons est durant la saison 2003 de 36,46 mm pour la première ponte et 36 mm pour la seconde. L'analyse statistique ne montre l'existence de différences significatives entre les deux pontes ( $t = 0,13$  ;  $ddl = 28$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

Durant la saison 2004, la longueur moyenne de la queue est de 43,05 mm pour la première ponte et 39,64 mm pour la seconde. L'analyse des données ne montre pas de différences significatives entre première et seconde ponte ( $t = 1,02$  ;  $ddl = 18$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)

Pour ce qui est de la saison 2005, la longueur moyenne de la queue est successivement de 41,77 mm pour la première ponte et 41,23 mm pour la seconde. Les résultats obtenus ne montrent pas l'existence de différences significatives entre les deux pontes ( $t = 0,14$ ;  $ddl = 25$ ;  $p = 0,89$ ; n.s.)

Concernant la saison 2006, la longueur moyenne de la queue est de 41,95mm et 37 mm pour la première et la seconde ponte. L'analyse statistique montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les deux pontes de l'espèce ( $t = 5,32$ ;  $ddl = 27$ ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*)

**Tableau 16.** Longueur de la queue des pulli de l'Hirondelle de cheminée

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

Longueur de la queue (mm)	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 36,46 $\pm$ 10,60 (34,2 – 46)	(10) 36,00 $\pm$ 5,29 (30 – 43)	t = 0,13; ddl = 28; p = 0,90; n.s.
<b>2004</b>	(10) 43,05 $\pm$ 3,05 (37 – 47)	(10) 39,64 $\pm$ 7,26 (22 – 45,6)	t = 1,02; ddl = 18; p = 0,32; n.s.
<b>2005</b>	(17) 41,77 $\pm$ 11,06 (33,6 – 55)	(10) 41,23 $\pm$ 7,72 (32,5 – 55)	t = 0,14; ddl = 25; p = 0,89; n.s.
<b>2006</b>	(20) 41,95 $\pm$ 2,5 (38 – 46)	(9) 37 $\pm$ 1,8 (35 – 40)	<b>t = 5,32; ddl = 27;</b> <b>p = 0,000;t.h.s.***</b>

L'analyse de la variation de la longueur de la queue des pulli pendant les saisons d'études, ne montre pas l'existence de différences de cette dernière que ce soit pour la première (F = 0,68 ; p = 0,57 ; n.s.) où la seconde ponte (F = 1,19 ; p = 0,33 ; n.s.).

## 2.5. Hématocrite : (Tab. 17)

L'hématocrite des oisillons durant la saison de reproduction 2003 est de 43,72% pour ceux issus de la première ponte. Pour la seconde ponte il est de 43,22%. L'analyse des données ne montre pas de différences entre les deux pontes (t = 0,16; ddl = 23; p = 0,87;n.s.)

Pour ce qui est de la saison de reproduction 2004, l'hématocrite des oisillons est successivement de 43,05% et 43,22% pour la première ponte et la seconde ponte. L'analyse

statistique montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les deux pontes de l'espèce ( $t = - 3,07$  ;  $ddl = 17$ ;  $p = 0,007$ ; h.s.\*\*)

Concernant la saison 2005, le pourcentage de l'hématocrite des oisillons est de 48,61% pour la première ponte et 46,03% pour la seconde. L'analyse statistique ne montre pas de différences entre les deux pontes ( $t = 1,01$  ;  $ddl = 25$ ;  $p = 0,32$ ; n.s.)

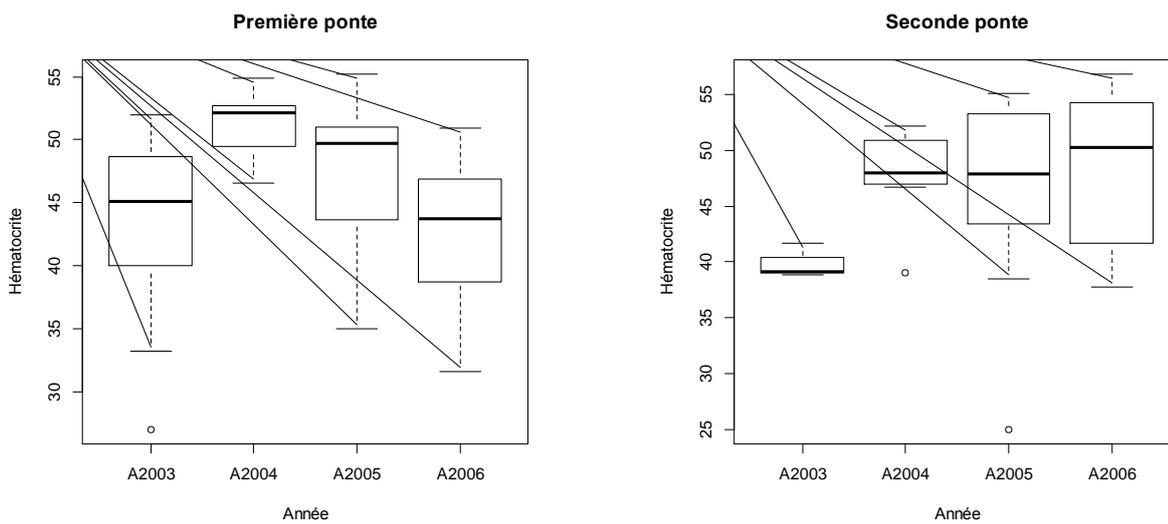
Pour la saison 2006, l'hématocrite enregistre un pourcentage de 42,04% et 48,37 pour la première et la seconde ponte. Il existe des différences hautement significatives entre les deux pontes de l'espèce ( $t = - 2,63$  ;  $ddl = 28$ ;  $p = 0,01$  ; h.s.\*\*)

**Tableau 17. Hématocrite des pulli de l'Hirondelle de cheminée**

*[(effectif) ; moyenne ± écart type (min - max)]*

Hématocrite (%)	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>2003</b>	(20) 43,72 ± 6,37 (27 – 52)	(5) 43,22 ± 5,53 (38,89 – 52,40)	$t = 0,16$ ; $ddl = 23$ ; $p = 0,87$ ; n.s.
<b>2004</b>	(7) 51,13 ± 2,96 (46,52 – 54,91)	(9) 48,03 ± 4,01 (39 – 52,17)	<b><math>t = - 3,07</math>; <math>ddl = 17</math>;</b> <b><math>p = 0,007</math>; h.s.**</b>
<b>2005</b>	(17) 48,61 ± 4,37 (41,22 – 55,20)	(10) 46,03 ± 9,02 (25 – 55,13)	$t = 1,01$ ; $ddl = 25$ ; $p = 0,32$ ; n.s.
<b>2006</b>	(20) 42,04 ± 5,72 (31,58 – 50,92)	(10) 48,37 ± 7,13 (37,78 – 56,82)	<b><math>t = - 2,63</math>; <math>ddl = 28</math>;</b> <b><math>p = 0,01</math> ; h.s.**</b>

Les résultats concernant la variation annuelle de l'hématocrite montrent qu'il existe des différences hautement significatives entre les premières pontes ( $F = 6,02$  ;  $p = 0,002$  ; n.s.). Cette différence est observée entre les années 2004 et 2003 (Différence = 7,42 ;  $p = 0,02$ ), 2006 et 2004 (Différence = - 8,72 ;  $p = 0,004$ ) et 2006 avec 2005 (Différence = - 5,44 ;  $p = 0,02$ ). Pour les secondes pontes la différence est non significative ( $F = 1,32$  ;  $p = 0,29$  ; n.s.). (Fig. 46)



**Figure 46.** Variation de l'hématocrite durant les saisons d'études  
pour les premières et les secondes pontes

### 3. Etude du régime alimentaire des pulli de l'Hirondelle de cheminée :

L'étude du régime alimentaire des pulli à été réalisée durant deux années consécutives à savoir 2003 et 2004. Durant la saison de reproduction 2003, elle a concernée 07 nids de la première ponte et 08 nids de la seconde. Quant à la saison 2004, l'étude s'est faite sur 10 nids de la première ponte et 10 nids de la seconde.

#### 3.1. Fréquences de nourrissage des pulli : (Tab. 18)

Durant l'année 2003, la fréquence de nourrissage des oisillons à l'âge de 5 jours est de 1,60 visite par nid pour la première ponte et 1,50 visite pour la seconde. Les résultats ne montrent pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = 0,33$  ;  $ddl = 11$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.).

A l'âge de 9 jours, la fréquence de nourrissage est de 2,50 visites pour la première ponte et 3,63 visites pour la seconde. Il n'y à pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = - 2,14$  ;  $ddl = 12$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.).

A 12 jours, la fréquence de nourrissage montre des différences significatives entre les deux pontes ( $t = 2,29$  ;  $ddl = 9$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). En effet, cette fréquence est de 3 visites par nid pour la première ponte et 2,13 pour la seconde.

Enfin à l'âge de 15 jours, la fréquence de nourrissage ne montre pas de différence entre les deux pontes ( $t = - 1,18$  ;  $ddl = 13$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Car la fréquence est de 2,71 visites par nid pour la première ponte et 3,38 pour la deuxième.

**Tableau 18.** Fréquence de nourrissage moyenne des pulli durant la saison 2003

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

FN 2003	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>Jour 5</b>	(5) 1,60 $\pm$ 0,55 (1- 2)	(8) 1,50 $\pm$ 0,53 (1- 2)	t = 0,33 ; ddl = 11 ; p = 0,75 ; n.s.
<b>Jour 9</b>	(6) 2,50 $\pm$ 1,05 (1- 4)	(8) 3,63 $\pm$ 0,92 (3- 5)	t = - 2,14 ; ddl = 12 ; p = 0,05 ; n.s.
<b>Jour 12</b>	(3) 3 $\pm$ 1 (2- 4)	(8) 2,13 $\pm$ 0,35 (2- 3)	<b>t = 2,29 ; ddl = 9 ;</b> <b>p = 0,04 ; s.*</b>
<b>Jour 15</b>	(7) 2,71 $\pm$ 0,49 (2- 3)	(8) 3,38 $\pm$ 1,41 (1- 5)	t = - 1,18 ; ddl = 13 ; p = 0,26 ; n.s.

Au cours de la saison de reproduction 2003, nous observons qu'il existe des différences de fréquences de nourrissage en fonction de l'âge des pulli. En effet, les données montrent qu'il existe des différences significatives des fréquences durant la première ponte entre l'âge de 5 jours et 12 jours (t = - 2,62 ; ddl = 6 ; p < 0,05 ; s.\*). Il en est de même entre l'âge de 5 jours et 15 jours, la différence est hautement significative (t = - 3,31 ; ddl = 10 ; p < 0,01 ; h.s.\*\*).

Pour ce qui est de la seconde ponte, les résultats montrent qu'il existe des différences très hautement significatives de fréquences entre l'âge de 5 et 9 jours (t = - 5,67 ; ddl = 14 ; p < 0,001 ; t.h.s.\*\*\*). Entre l'âge de 5 jours et 12 jours la différence de fréquence de nourrissage est significative (t = - 2,76 ; ddl = 14 ; p < 0,05 ; s.\*). Puis, elle est hautement significative entre l'âge de 5 jours et 15 jours (t = - 3,52 ; ddl = 14 ; p < 0,01 ; h.s.\*\*). Entre l'âge de 9 jours et 12 jours, il existe des différences très hautement significatives de la fréquence de

nourrissage ( $t = 4,32$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*). Enfin, entre 12 jours et 15 jours la différence de fréquence est significative ( $t = -2,45$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). (Tab. 19)

**Tableau 19.** Comparaison des fréquences de nourrissages en fonction de l'âge des pulli  
de la saison 2003

Test t FN 2003	Première ponte	Seconde ponte
<b>J5 vs J9</b>	$t = 1,72$ ; $ddl = 9$ ; $p = 0,12$ ; n.s.	<b><math>t = - 5,67</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J5 vs J12</b>	<b><math>t = - 2,62</math> ; <math>ddl = 6</math> ; <math>p = 0,04</math> ; s.*</b>	<b><math>t = - 2,76</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,02</math> ; s.*</b>
<b>J5 vs J15</b>	<b><math>t = - 3,31</math> ; <math>ddl = 10</math> ; <math>p = 0,004</math> ; h.s.**</b>	<b><math>t = - 3,52</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,003</math> ; h.s.**</b>
<b>J9 vs J12</b>	$t = - 0,68$ ; $ddl = 7$ ; $p = 0,52$ ; n.s.	<b><math>t = 4,32</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J9 vs J15</b>	$t = - 0,49$ ; $ddl = 11$ ; $p = 0,64$ ; n.s.	$t = 0,42$ ; $ddl = 14$ ; $p = 0,68$ ; n.s.
<b>J12 vs J15</b>	$t = 0,63$ ; $ddl = 8$ ; $p = 0,54$ ; n.s.	<b><math>t = -2,45</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,03</math> ; s.*</b>

Il n'existe pas de relation entre la fréquence de nourrissage à différents âges et le nombre d'oisillons présents dans le nid que ce soit pour la première ponte ou pour la seconde ponte de l'année 2003. Ce qui veut dire que les fréquences de nourrissages ne dépendent pas du nombre d'oisillons dans le nid. (Tab. 20)

**Tableau 20.** Relation entre la fréquence de nourrissage et le nombre d'oisillons présents dans le nid durant l'année 2003.

(*r* = Coefficient de corrélation ; *p* = Probabilité ; *n* = Nombre ; Signification)

Corrélations FN 2003	Première ponte	Seconde ponte
<b>Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J5</b>	<i>r</i> = 0,49; <i>p</i> = 0,40; <i>n</i> = 5; n.s.	<i>r</i> = 0,27; <i>p</i> = 0,54; <i>n</i> = 8; n.s.
<b>Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J9</b>	<i>r</i> = 0,15; <i>p</i> = 0,78 ; <i>n</i> = 6; n.s.	<i>r</i> = 0,64; <i>p</i> = 0,09; <i>n</i> = 8; n.s.
<b>Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J12</b>	<i>r</i> = - 0,87; <i>p</i> = 0,33; <i>n</i> = 3; n.s.	<i>r</i> = 0,49; <i>p</i> = 0,22; <i>n</i> = 8; n.s.
<b>Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J15</b>	<i>r</i> = 0,08; <i>p</i> = 0,86; <i>n</i> = 7; n.s.	<i>r</i> = 0,57; <i>p</i> = 0,15; <i>n</i> = 8; n.s.

Pendant la saison de reproduction 2004, la fréquence de nourrissage à l'âge de 5 jours montre des différences significative entre les deux couvées ( $t = - 2,30$  ;  $ddl = 18$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). En effet, la fréquence de nourrissage est de 3,60 pour la première ponte et 1,70 pour la deuxième.

A l'âge de 9 jours, la fréquence de nourrissage est de 4,60 visites par nids pour la première ponte et 3,40 pour la seconde. Les résultats montrent qu'il existe des différences très hautement significatives entre les deux pontes ( $t = 7,07$  ;  $ddl = 8$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*).

A 12 jours, la fréquence de nourrissage est de 2,83 pour la première ponte et 1,78 pour la seconde. L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = - 1,97$  ;  $ddl = 13$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.).

Enfin, à l'âge de 15 jours, la fréquence de nourrissage est successivement pour la première et la seconde ponte de 1,70 et 1,90 visite par nid. Il n'existe pas de différences significatives entre les deux couvées ( $t = - 1,10$  ;  $ddl = 18$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). (Tab. 21)

**Tableau 21.** Fréquence de nourrissage moyenne des pulli durant la saison 2004

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

FN 2004	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>Jour 5</b>	(10) 3,60 $\pm$ 0,84 (3- 5)	(10) 1,70 $\pm$ 0,48 (1- 2)	<b>t = - 2,30 ; ddl = 18 ; p = 0,03 ; s.*</b>
<b>Jour 9</b>	(5) 4,60 $\pm$ 1,14 (3- 6)	(5) 3,40 $\pm$ 0,55 (3- 4)	<b>t = 7,07 ; ddl = 8 ; p = 0,000 ; t.h.s.***</b>
<b>Jour 12</b>	(6) 2,83 $\pm$ 0,41 (2- 3)	(9) 1,78 $\pm$ 0,67 (1- 3)	t = - 1,97 ; ddl = 13 ; p = 0,08 ; n.s.
<b>Jour 15</b>	(10) 1,70 $\pm$ 0,48 (1- 2)	(10) 1,90 $\pm$ 0,32 (1- 2)	t = - 1,10 ; ddl = 18 ; p = 0,29 ; n.s.

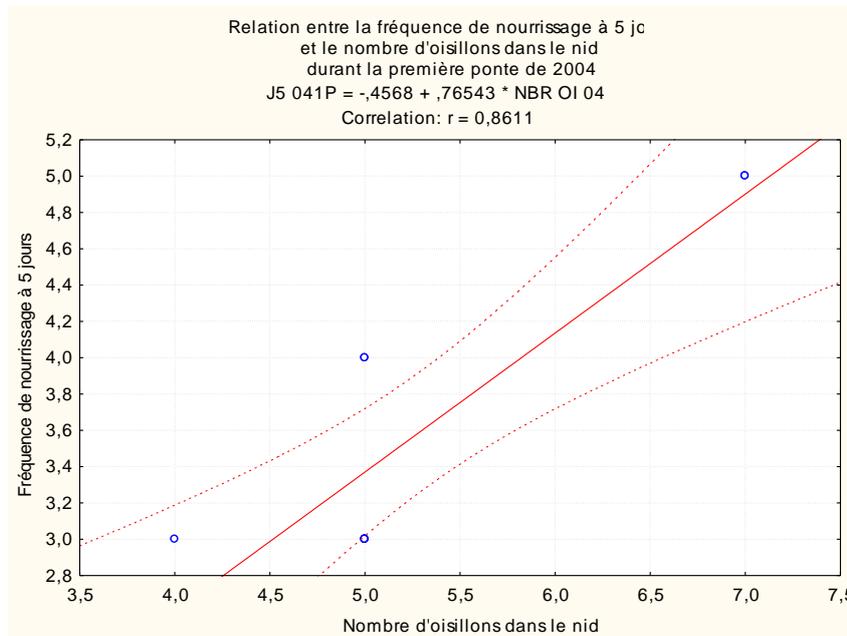
En ce qui concerne la variation de la fréquence de nourrissage en fonction de l'âge des pulli durant l'année 2004, les résultats montrent que cette variation durant la première ponte est très hautement significative entre l'âge de 5 jours et 12 jours ( $t = 6,18$  ;  $ddl = 18$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*). Entre 9 jours et 12 jours la différence est hautement significative ( $t = 3,56$  ;  $ddl = 9$  ;  $p < 0,01$  ; h.s.\*\*). Enfin, entre l'âge de 9 et 15 jours et également 12 et 15 jours, la différence est très hautement significative ( $t = 7,07$  ;  $ddl = 13$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*), ( $t = 4,79$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*). La même tendance est observée entre 5 et 12 jours mais avec l'existence d'une différence significative ( $t = 2,78$  ;  $ddl = 13$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*).

Pendant la seconde ponte plusieurs variations de la fréquence de nourrissage sont observées. En effet, entre 5 et 9 jours, ces variations sont très hautement significatives ( $t = 10,06$  ;  $ddl = 18$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*). Pour ce qui est de la variation entre l'âge de 5 et 12 jours, les résultats montrent qu'elle est significative ( $t = 2,78$  ;  $ddl = 13$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). Entre 5 et 15 jours ainsi qu'entre 12 et 15 jours, la différence est quand à elle très hautement significative ( $t = 10,3$  ;  $ddl = 18$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*), ( $t = 6,81$  ;  $ddl = 13$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*). (Tab. 22)

*Tableau 22. Comparaison des moyennes des fréquences de nourrissages des pulli de la saison 2004*

Test t FN 2004	Première ponte	Seconde ponte
<b>J5 vs J9</b>	$t = - 1,93$ ; $ddl = 13$ ; $p = 0,08$ ; n.s.	<b><math>t = 10,06</math> ; <math>ddl = 18</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J5 vs J12</b>	$t = 2,07$ ; $ddl = 14$ ; $p = 0,06$ ; n.s.	<b><math>t = 2,78</math> ; <math>ddl = 13</math> ; <math>p = 0,02</math> ; s.*</b>
<b>J5 vs J15</b>	<b><math>t = 6,18</math> ; <math>ddl = 18</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>	<b><math>t = 10,3</math> ; <math>ddl = 18</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J9 vs J12</b>	<b><math>t = 3,56</math> ; <math>ddl = 9</math> ; <math>p = 0,006</math> ; h.s.**</b>	$t = - 6,16$ ; $ddl = 13$ ; $p = 0,000$ ; t.h.s.***
<b>J9 vs J15</b>	<b><math>t = 7,07</math> ; <math>ddl = 13</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>	$t = - 1,10$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,29$ ; n.s.
<b>J12 vs J15</b>	<b><math>t = 4,79</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>	<b><math>t = 6,81</math> ; <math>ddl = 13</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>

Les résultats montrent qu'il existe une relation entre la fréquence de nourrissage à 5 jours et le nombre d'oisillons présents dans le nid au même âge durant la première ponte de 2004 ( $r = 0,86$  ;  $p = 0,001$  ;  $n = 10$  ; t.h.s.\*\*\*) (Fig. 47). Cette relation devient inexistante à l'âge de 9, 12 et 15 jours [(J9 :  $r = 0,72$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 5$  ; n.s.) ; (J 12 :  $r = 0,32$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 6$  ; n.s.) ; (J15 :  $r = 0,46$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 10$  ; n.s.)]. Pour la seconde ponte, les données montrent qu'il n'existe pas de relations également entre la fréquence de nourrissage et le nombre d'oisillons présents dans le nid que ce soit à 5 jours ( $r = 0,07$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 10$  ; n.s.), 9 jours ( $r = 0,05$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 10$  ; n.s.), 12 jours ( $r = - 0,61$  ;  $p > 0,05$  ;  $p = 5$  ; n.s.) et 15 jours ( $r = - 0,22$  ;  $p > 0,05$  ;  $n = 10$  ; n.s.). (Tab. 23)



**Figure 47.** Relation entre la fréquence de nourrissage à 5 jours et le nombre d'oisillons dans le nid durant la première ponte de 2004

**Tableau 23.** Relation entre la fréquence de nourrissage et le nombre d'oisillons présents dans le nid durant l'année 2004.

(*r* = Coefficient de corrélation ; *p* = Probabilité ; *n* = Nombre ; Signification)

Corrélations FN 2004	Première ponte	Seconde ponte
Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J5	<b>r = 0,86; p = 0,001; n = 10; t.h.s.***</b>	r = 0,07; p = 0,86; n = 10; n.s.
Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J9	r = 0,72; p = 0,17 ; n = 5; n.s.	r = 0,05; p = 0,90; n = 10; n.s.
Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J12	r = 0,32; p = 0,54; n = 6; n.s.	r = - 0,61; p = 0,27; n = 5; n.s.
Fréquence de nourrissage vs Nombre d'oisillons à J15	r = 0,46; p = 0,18; n = 10; n.s.	r = - 0,22; p = 0,55; n = 10; n.s.

La comparaison de la fréquence de nourrissage des pulli à différents âges pour les deux pontes pendant les deux saisons d'étude (2003 & 2004) montre qu'il existe durant la première ponte des différences très hautement significatives de la fréquence à l'âge de 5 jours (**t = - 4,77 ; ddl = 13 ; p = 0,000 ; t.h.s.\*\*\***). Cette différence devient significative à l'âge de 9 jours (**t = - 3,18 ; ddl = 9 ; p = 0,02 ; s.\***), puis très hautement significative à 15 jours (**t = 4,24 ; ddl = 15 ; p = 0,000 ; t.h.s.\*\*\***). Cependant, durant la seconde ponte les résultats montrent l'existence de différences significatives seulement à l'âge de 15 jours (**t = 3,24 ; ddl = 16 ; p = 0,005 ; h.s.\*\***). (Tab. 24)

**Tableau 24.** Comparaison de la fréquence de nourrissage entre les saisons de la reproduction 2003 et 2004

Test t FN 03/04	Première ponte	Seconde ponte
<b>Jour 5</b>	<b>t = - 4,77 ; ddl = 13 ; p = 0,000 ; t.h.s.***</b>	t = - 0,83 ; ddl = 16 ; p = 0,42 ; n.s.
<b>Jour 9</b>	<b>t = - 3,18 ; ddl = 9 ; p = 0,02 ; s.*</b>	t = 0,49 ; ddl = 11 ; p = 0,63 ; n.s.
<b>Jour 12</b>	t = 0,37 ; ddl = 7 ; p = 0,72 ; n.s.	t = 1,31 ; ddl = 15 ; p = 0,21 ; n.s.
<b>Jour 15</b>	<b>t = 4,24 ; ddl = 15 ; p = 0,000 ; t.h.s.***</b>	<b>t = 3,24 ; ddl = 16 ; p = 0,005 ; h.s.**</b>

La fréquence de nourrissage par heure et par oisillon à 5 jours est pour la première ponte de l'année 2003 de 0,40 ; pour la seconde ponte elle est de 0,65 (Fig. 48). Les résultats ne montrent pas de différences significatives entre les deux pontes ( $t = - 2,01$  ;  $ddl = 11$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.).

A l'âge de 9 jours la fréquence de nourrissage / heure / oisillon est successivement pour la première et la seconde ponte de 0,66 et 1,54 Fn/h/ois (Fig. 48). L'analyse statistique indique l'existence de différences très hautement significatives entre les deux couvées ( $t = - 5,56$  ;  $ddl = 12$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*).

A 12 jours, les données ne montrent pas de différence de fréquence/heure/ oisillon entre les deux pontes ( $t = 0,03$  ;  $ddl = 9$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) (Fig. 48). Car en effet, elle est de 0,91 pour la première ponte et 0,92 pour la seconde.

Enfin, à l'âge de 15 jours la fréquence/heure/oisillon est de 0,70 pour la première ponte et 1,42 pour la seconde (Fig. 48). Ce qui indique la présence de différences hautement

significatives de la fréquence/ heure / oisillons entre les deux couvées ( $t = - 3,09$  ;  $ddl = 13$  ;  $p < 0,01$  ; h.s.\*\*). (Tab. 25)

**Tableau 25.** *Fréquence de nourrissage moyenne par heure et par oisillon durant la saison 2003 [(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min – max)]*

FN/H/OIS. 2003	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>Jour 5</b>	(5) $0,40 \pm 0,16$ (0,25- 0,67)	(8) $0,65 \pm 0,24$ (0,33- 1)	$t = - 2,01$ ; $ddl = 11$ ; $p = 0,06$ ; n.s.
<b>Jour 9</b>	(6) $0,66 \pm 0,31$ (0,33- 1)	(8) $1,54 \pm 0,28$ (1- 2)	<b><math>t = - 5,56</math> ; <math>ddl = 12</math> ; <math>p = 0,0001</math> ; t.h.s.***</b>
<b>Jour 12</b>	(3) $0,91 \pm 0,47$ (0,40 - 1,33)	(8) $0,92 \pm 0,15$ (0,67- 1)	$t = 0,03$ ; $ddl = 9$ ; $p = 0,98$ ; n.s.
<b>Jour 15</b>	(7) $0,70 \pm 0,23$ (0,4 - 1)	(8) $1,42 \pm 0,57$ (0,5- 2,5)	<b><math>t = - 3,09</math> ; <math>ddl = 13</math> ; <math>p = 0,009</math> ; h.s.**</b>

Pour ce qui est de la comparaison entre les fréquences de nourrissages/ heure/ oisillon en fonction de l'âge des pulli durant la première ponte, les résultats montrent l'existence de différences significatives de cette dernière entre l'âge de 5 et 15 jours ( $t = - 2,53$  ;  $ddl = 10$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). Concernant les autres tranches d'âge, l'analyse statistique ne montre pas l'existence de différences significatives.

Durant la seconde ponte, les différences de fréquences de nourrissages / heure / oisillon sont observables pour les différentes tranches d'âge. En effet, il existe des différences très hautement significatives de la fréquence / heure / oisillon entre l'âge de 5 jours et 9 jours ( $t = - 6,86$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*). Entre l'âge de 5 jours et 12 jours, la différence est

significative ( $t = - 2,66$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). Cette différence est hautement significative entre l'âge de 5 jours et 15 jours ( $t = - 3,52$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,01$  ; h.s.\*\*). Enfin, la fréquence de nourrissage / heure / oisillon est très hautement significative entre l'âge de 9 jours et 12 jours ( $t = 5,56$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*) et significative entre l'âge de 12 jours et 15 jours ( $t = - 2,39$  ;  $ddl = 14$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). (Tab. 26)

**Tableau 26.** Comparaison des fréquences de nourrissages par heure par oisillon en fonction de l'âge des pulli durant la saison 2003

Test t FN/H/OIS. 2003	Première ponte	Seconde ponte
<b>J5 vs J9</b>	$t = - 1,70$ ; $ddl = 9$ ; $p = 0,12$ ; n.s.	<b><math>t = - 6,86</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J5 vs J12</b>	$t = - 2,33$ ; $ddl = 6$ ; $p = 0,06$ ; n.s.	<b><math>t = - 2,66</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,02</math> ; s.*</b>
<b>J5 vs J15</b>	<b><math>t = - 2,53</math> ; <math>ddl = 10</math> ; <math>p = 0,03</math> ; s.*</b>	<b><math>t = - 3,52</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,003</math> ; h.s.**</b>
<b>J9 vs J12</b>	$t = - 0,97$ ; $ddl = 7$ ; $p = 0,37$ ; n.s.	<b><math>t = 5,56</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J9 vs J15</b>	$t = - 0,27$ ; $ddl = 11$ ; $p = 0,79$ ; n.s.	$t = 0,56$ ; $ddl = 14$ ; $p = 0,59$ ; n.s.
<b>J12 vs J15</b>	$t = 0,97$ ; $ddl = 8$ ; $p = 0,36$ ; n.s.	<b><math>t = - 2,39</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,03</math> ; s.*</b>

Les résultats montrent l'absence dans la majorité des cas de corrélations entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon à différents âges et certains paramètres de la reproduction de l'espèce qui sont le nombre de jeunes à l'envol, le succès de la reproduction et le succès à l'envol. Les seules corrélations significatives observées sont celles entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon à l'âge de 15 jours et le nombre de jeunes à

l'envol durant la première ponte ou la relation est négative et significative ( $r = - 0,81$  ;  $p = 0,03$  ;  $n = 7$  ; s.\*). Ce qui veut dire que malgré l'augmentation de la fréquence de nourrissage à 15 jours, le nombre de jeunes à l'envol diminue. Une même corrélation négative et significative est observée entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon à 12 jours et le nombre de jeunes à l'envol ( $r = - 0,75$  ;  $p = 0,03$  ;  $n = 8$  ; s.\*). (Tab. 27)

*Tableau 27. Relation entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon et le nombre de jeunes à l'envol, le succès à l'envol et le succès de la reproduction durant l'année 2003.*

*(r = Coefficient de corrélation ; p = Probabilité ; n = Nombre ; Signification)*

Corrélations FN/H/OIS. 2003	Première ponte	Seconde ponte
<b>FN/h/oisillon à J5 vs JE</b>	r = - 0,39 ; p = 0,46 ; n = 5 ; n.s.	r = - 0,31 ; p = 0,79 ; n = 10 ; n.s.
<b>FN/h/ oisillon à J5 vs SE</b>	r = 0,51 ; p = 0,38 ; n = 5 ; n.s.	r = 0,20 ; p = 0,64 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ oisillon à J5 vs SR</b>	r = 0,22 ; p = 0,72 ; n = 5 ; n.s.	r = 0,12 ; p = 0,78 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ oisillon à J9 vs JE</b>	r = - 0,17 ; p = 0,75 ; n = 6 ; n.s.	r = - 0,29 ; p = 0,49 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ oisillon à J9 vs SE</b>	r = - 0,22 ; p = 0,68 ; n = 6 ; n.s.	r = - 0,26 ; p = 0,53 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ oisillon à J9 vs SR</b>	r = 0,51 ; p = 0,30 ; n = 6 ; n.s.	r = 0,03 ; p = 0,95 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ois. à J12 vs JE</b>	r = - 0,94 ; p = 0,23 ; n = 3 ; n.s.	<b>r = - 0,75 ; p = 0,03 ; n = 8 ; s.*</b>
<b>FN/h/ois. à J12 vs SE</b>	r = - 0,77 ; p = 0,44 ; n = 3 ; n.s.	r = 0,20 ; p = 0,64 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ois. à J12 vs SR</b>	r = - 0,16 ; p = 0,90 ; n = 3 ; n.s.	r = 0,46 ; p = 0,25 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ois. à J15 vs JE</b>	<b>r = - 0,81 ; p = 0,03 ; n = 7 ; s.*</b>	r = 0,04 ; p = 0,92 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ois. à J15 vs SE</b>	r = - 0,09 ; p = 0,85 ; n = 7 ; n.s.	r = 0,19 ; p = 0,65 ; n = 8 ; n.s.
<b>FN/h/ois. à J15 vs SR</b>	r = 0,06 ; p = 0,89 ; n = 7 ; n.s.	r = 0,12 ; p = 0,77 ; n = 8 ; n.s.

La fréquence de nourrissage par heure et par oisillon durant l'année 2004 est pour la première ponte est de 0,68 à 5 jours. Pendant la seconde ponte elle est de 0,38 (Fig. 48). L'analyse statistique montrent qu'il existe des différences très hautement significatives de la fréquence / heure / oisillon entre les deux pontes ( $t = 7,61$  ;  $ddl = 18$  ;  $p < 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*).

A l'âge de 9 jours, la fréquence / heure/ oisillon est successivement pour les deux pontes de 0,79 et 0,74 (Fig. 48). Les résultats ne montrent pas de différences significatives entre les deux couvées ( $t = 0,71$  ;  $ddl = 8$  ;  $p > 0,05$  ; n.s. ).

Pour ce qui est de la fréquence / heure/ oisillon à 12 jours, les données ne montrent l'existence de différences significatives entre les deux couvées ( $t = 2,10$  ;  $ddl = 13$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.).En effet, cette dernière est de 0,54 pour la première ponte et 0,39 pour la seconde (Fig. 48).

Enfin, la fréquence / heure / oisillon présente une différence significative entre les deux pontes à l'âge de 15 jours ( $t = - 2,66$  ;  $ddl = 18$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). En effet on observe des fréquences /h/oisillon de 0,32 pour la première ponte et 0,45 pour la seconde. (Fig. 48 ; Tab. 28)

**Tableau 28.** Fréquence de nourrissage moyenne par heure et par oisillon durant la saison 2004 [(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

FN/H/OIS. 2004	Première ponte	Seconde ponte	Test t
<b>Jour 5</b>	(10) 0,68 $\pm$ 0,09 (0,6 - 0,8)	(10) 0,38 $\pm$ 0,09 (0,25 - 0,5)	<b>t = 7,61 ; ddl = 18 ; p = 0,000 ; t.h.s.***</b>
<b>Jour 9</b>	(5) 0,79 $\pm$ 0,15 (0,6 - 1)	(5) 0,74 $\pm$ 0,08 (0,6 - 0,8)	t = 0,71 ; ddl = 8 ; p = 0,50 ; n.s.
<b>Jour 12</b>	(6) 0,54 $\pm$ 0,10 (0,4 - 0,6)	(9) 0,39 $\pm$ 0,15 (0,2 - 0,6)	t = 2,10 ; ddl = 13 ; p = 0,06 ; n.s.
<b>Jour 15</b>	(10) 0,32 $\pm$ 0,09 (0,2 - 0,4)	(10) 0,45 $\pm$ 0,12 (0,2 - 0,67)	<b>t = - 2,66 ; ddl = 18 ; p = 0,02 ; s.*</b>

La comparaison de la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon durant la première ponte et en fonction de l'âge des pulli, montre qu'il existe une différence significative de cette dernière entre l'âge de 5 jours et 12 jours ( $t = 2,99$  ;  $ddl = 14$  ;  $p = 0,01$  ; s.\*). Entre 5 et 15 jours cette différence est très hautement significative ( $t = 9,15$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). Cette variation devient hautement significative entre 9 jours et 12 jours ( $t = 3,43$  ;  $ddl = 9$  ;  $p = 0,007$  ; h.s.\*\*). Enfin, entre l'âge de 9 jours et 15 jours ainsi que 12 jours et 15 jours cette différence redevient très hautement significatives ( $t = 7,81$  ;  $ddl = 13$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*), ( $t = 4,63$  ;  $ddl = 14$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*)

Pendant la seconde ponte, il y'a une différence très hautement significative de la fréquence par heure et par oisillon entre l'âge de 5 et 9 jours ( $t = - 7,67$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). La même tendance est observée entre l'âge de 9 et 12 jours ( $t = 4,81$  ;  $ddl = 12$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). Enfin, entre 12 et 15 jours la différence de la fréquence / heure/ oisillon est également très hautement significative ( $t = 4,88$  ;  $ddl = 13$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). (Tab. 29)

**Tableau 29.** Comparaison des fréquences de nourrissages par heure par oisillon en fonction de l'âge des pulli durant la saison 2004

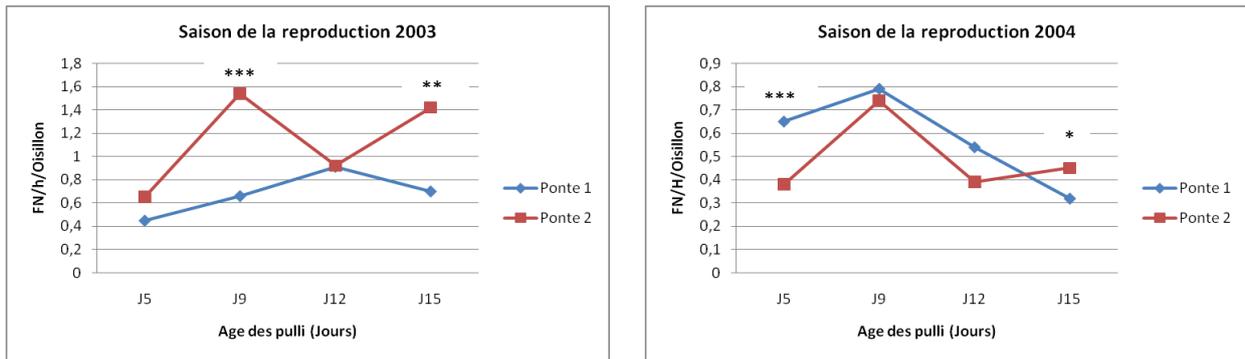
Test t FN/H/OIS. 2004	Première ponte	Seconde ponte
<b>J5 vs J9</b>	$t = - 1,93$ ; $ddl = 13$ ; $p = 0,08$ ; n.s.	<b><math>t = - 7,67</math> ; <math>ddl = 18</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J5 vs J12</b>	<b><math>t = 2,99</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,01</math> ; s.*</b>	$t = - 0,20$ ; $ddl = 13$ ; $p = 0,84$ ; n.s.
<b>J5 vs J15</b>	<b><math>t = 9,15</math> ; <math>ddl = 18</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>	$t = - 1,36$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,19$ ; n.s.
<b>J9 vs J12</b>	<b><math>t = 3,43</math> ; <math>ddl = 9</math> ; <math>p = 0,007</math> ; h.s.**</b>	<b><math>t = 4,81</math> ; <math>ddl = 12</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J9 vs J15</b>	<b><math>t = 7,81</math> ; <math>ddl = 13</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>	<b><math>t = 4,88</math> ; <math>ddl = 13</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>
<b>J12 vs J15</b>	<b><math>t = 4,63</math> ; <math>ddl = 14</math> ; <math>p = 0,000</math> ; t.h.s.***</b>	$t = - 0,85$ ; $ddl = 17$ ; $p = 0,41$ ; n.s.

Les données montrent qu'il existe une corrélation négative et très hautement significative entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon à l'âge de 15 jours et le nombre de jeunes à l'envol durant la seconde ponte ( $r = 0,87$  ;  $p = 0,001$  ;  $n = 10$  ; **t.h.s.\*\*\***). Cette relation est négative et significative entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon à l'âge de 15 jours le succès à l'envol ( $r = - 0,64$  ;  $p = 0,04$  ;  $n = 10$  ; **s.\***). Ce qui veut dire que malgré l'augmentation de la fréquence de nourrissage par oisillon à 15 jours, le nombre de jeunes à l'envol et le succès de l'envol tendent à baisser. Pour tous les autres paramètres, les résultats ne montrent pas l'existence de relations avec la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon. (Tab. 30)

*Tableau 30. Relation entre la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon et le nombre de jeunes à l'envol, le succès à l'envol et le succès de la reproduction durant l'année 2004.*

( $r =$  Coefficient de corrélation ;  $p =$  Probabilité ;  $n =$  Nombre ; Signification)

Corrélations FN/H/OIS. 2004	Première ponte	Seconde ponte
<b>FN/h/oisillon à J5 vs JE</b>	$r = 0,10$ ; $p = 0,79$ ; $n = 10$ ; n.s.	$r = 0,25$ ; $p = 0,49$ ; $n = 10$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J5 vs SE</b>	$r = 0,31$ ; $p = 0,38$ ; $n = 10$ ; n.s.	$r = 0,20$ ; $p = 0,57$ ; $n = 10$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J5 vs SR</b>	$r = 0,18$ ; $p = 0,63$ ; $n = 10$ ; n.s.	$r = 0,20$ ; $p = 0,57$ ; $n = 10$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J9 vs JE</b>	$r = 0,76$ ; $p = 0,13$ ; $n = 5$ ; n.s.	$r = - 0,11$ ; $p = 0,86$ ; $n = 5$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J9 vs SE</b>	$r = - 0,23$ ; $p = 0,71$ ; $n = 5$ ; n.s.	$r = - 0,34$ ; $p = 0,52$ ; $n = 5$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J9 vs SR</b>	$r = - 0,23$ ; $p = 0,71$ ; $n = 5$ ; n.s.	$r = - 0,69$ ; $p = 0,21$ ; $n = 5$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J12 vs JE</b>	$r = - 0,57$ ; $p = 0,25$ ; $n = 6$ ; n.s.	$r = - 0,29$ ; $p = 0,47$ ; $n = 9$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J12 vs SE</b>	$r = 0,70$ ; $p = 0,12$ ; $n = 6$ ; n.s.	$r = 0,32$ ; $p = 0,45$ ; $n = 6$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J12 vs SR</b>	$r = 0,31$ ; $p = 0,56$ ; $n = 6$ ; n.s.	$r = 0,56$ ; $p = 0,22$ ; $n = 6$ ; n.s.
<b>FN/h/oisillon à J15 vs JE</b>	$r = - 0,10$ ; $p = 0,79$ ; $n = 10$ ; n.s.	<b><math>r = 0,87</math> ; <math>p = 0,001</math> ; <math>n = 10</math> ; t.h.s.***</b>
<b>FN/h/ois. à J15 vs SE</b>	$r = - 0,31$ ; $p = 0,38$ ; $n = 10$ ; n.s.	<b><math>r = - 0,64</math> ; <math>p = 0,04</math> ; <math>n = 10</math> ; s.*</b>
<b>FN/h/ois. à J15 vs SR</b>	$r = - 0,18$ ; $p = 0,63$ ; $n = 10$ ; n.s.	$r = - 0,78$ ; $p = 0,07$ ; $n = 10$ ; n.s.



**Figure 48.** Fréquences de nourrissage par heure et par oisillon pour les pulli issus de la première et la seconde ponte durant l'année 2003 et 2004.

La comparaison de la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon à différents âges pour les deux pontes pendant les deux saisons d'étude (2003 & 2004) montre que durant la première ponte, il existe une différence très hautement significative de la FH/H/OIS. à l'âge de 5 jours ( $t = - 4,48$  ;  $ddl = 13$  ;  $p = 0,000$  ; **t.h.s.\*\*\***) et 15 jours ( $t = 4,78$  ;  $ddl = 15$  ;  $p = 0,000$  ; **t.h.s.\*\*\***). Pendant la seconde ponte, il existe des différences hautement et même très hautement significatives à différents âges [(J5 :  $t = 3,20$  ;  $ddl = 16$  ;  $p = 0,005$  ; **h.s.\*\***) ; (J9 :  $t = 6,92$  ;  $ddl = 12$  ;  $p = 0,000$  ; **t.h.s.\*\*\***) ; (J12 :  $t = 7,15$  ;  $ddl = 15$  ;  $p = 0,000$  ; **t.h.s.\*\*\***) ; J15 :  $t = 1,41$  ;  $ddl = 16$  ;  $p = 0,000$  ; **t.h.s.\*\*\***]. (Tab. 31)

**Tableau 31.** Comparaison de la fréquence de nourrissage par heure et par oisillon entre les saisons de la reproduction 2003 et 2004

Test t FN/H/OIS. 03/04	Première ponte	Seconde ponte
<b>Jour 5</b>	$t = - 4,48$ ; $ddl = 13$ ; $p = 0,000$ ; <b>t.h.s.***</b>	$t = 3,20$ ; $ddl = 16$ ; $p = 0,005$ ; <b>h.s.**</b>
<b>Jour 9</b>	$t = - 0,87$ ; $ddl = 9$ ; $p = 0,41$ ; n.s.	$t = 6,92$ ; $ddl = 12$ ; $p = 0,000$ ; <b>t.h.s.***</b>
<b>Jour 12</b>	$t = 1,99$ ; $ddl = 7$ ; $p = 0,09$ ; n.s.	$t = 7,15$ ; $ddl = 15$ ; $p = 0,000$ ; <b>t.h.s.***</b>
<b>Jour 15</b>	$t = 4,78$ ; $ddl = 15$ ; $p = 0,000$ ; <b>t.h.s.***</b>	$t = 1,41$ ; $ddl = 16$ ; $p = 0,000$ ; <b>t.h.s.***</b>

### 3.2. Comptage des proies :

Les proies cumulées des deux années d'étude sur le régime alimentaire sont de 298 proies, dont 144 issus de la première ponte et 154 de la seconde (Tab. 32). Ce cumul a été opéré étant donné l'inexistence d'un « effet année » sur la composition du régime alimentaire.

Les proies récoltées ont été classés en fonction de l'âge des oisillons et de la période de récolte.

*Tableau 32. Nombre total des proies récoltées durant les saisons de reproduction 2003 et 2004 pour la première et la seconde ponte de l'espèce.*

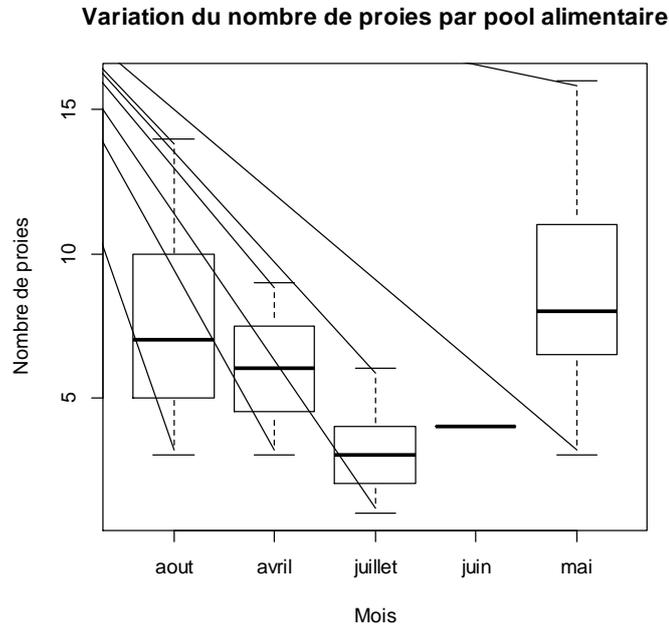
Nombre de proies	Première ponte	Seconde ponte	Total
<b>2003</b>	51	85	<b>136</b>
<b>2004</b>	93	69	<b>162</b>
<b>Total</b>	<b>144</b>	<b>154</b>	<b>298</b>

Le nombre de proie par pool alimentaire varie durant la saison de reproduction. En effet, nous observons l'existence de deux pics du nombre de proies ; le premier au mois de mai (8,55 proies) et un second au mois d'août (7,56 proies). Les valeurs les plus faibles sont observées durant les mois d'avril (6 proies), juin (4 proies) et juillet (4,2 proies) (Tab. 33).

*Tableau 33. Nombre moyen de proies par pool alimentaire*

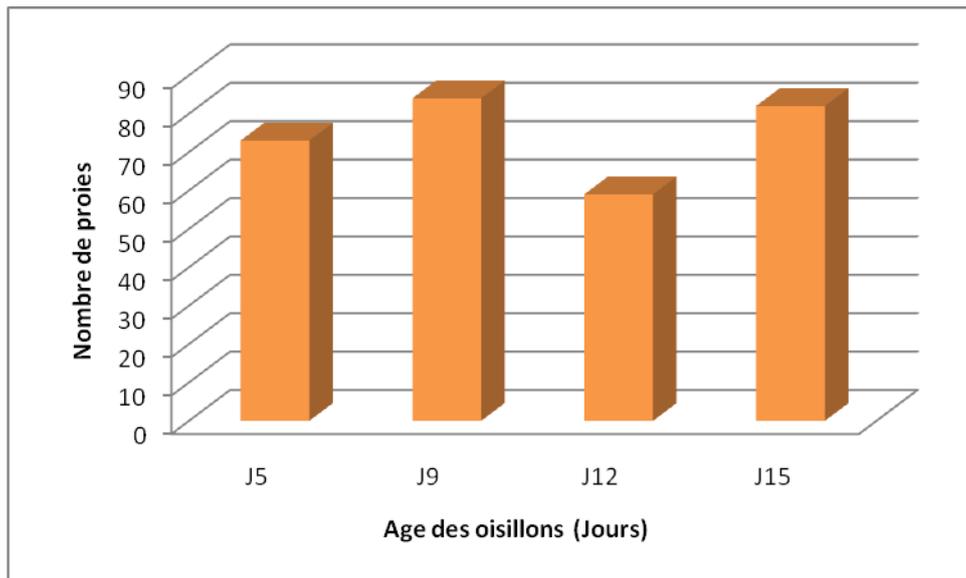
	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
<b>Nombre de proies/nid</b>	(3) $6 \pm 3$ (3 - 9)	(11) $8,55 \pm 3,80$ (3 - 16)	(2) $4 \pm -$ (4 - 4)	(10) $4,20 \pm 2,57$ (1 - 8)	(18) $7,56 \pm 3,07$ (3 - 14)

L'analyse statistique montre qu'il existe des différences très hautement significatives du nombre de proies par pool alimentaire ( $F = 6,87$  ;  $p = 0,0002$  ; t.h.s.\*\*\*) et ceci entre les mois de juillet et août (Différence = - 4,56 ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*) et mai avec juillet (Différence = 5,55 ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). (Fig. 49)



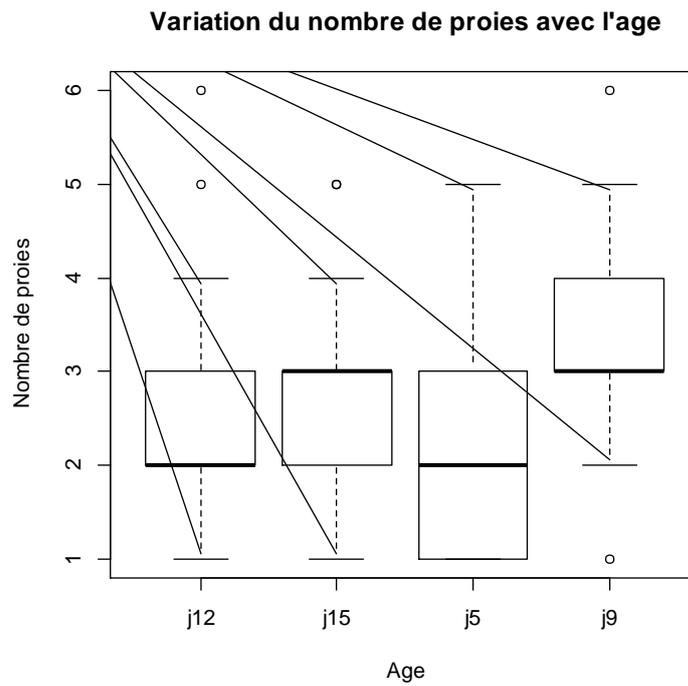
**Figure 49.** Variation du nombre de proies par pool alimentaire

Concernant la variation du nombre de proies cumulées en fonction de l'âge des oisillons, les résultats montrent que le nombre de proies le plus élevé est enregistré à l'âge de 9 Jours et 15 jours avec successivement 84 et 82 proies. Il est suivi par un nombre de 73 proies à 5 jours et enfin 59 proies à 12 jours (Fig. 50).



**Figure 50.** Variation du nombre de proies cumulé en fonction de l'âge des oisillons

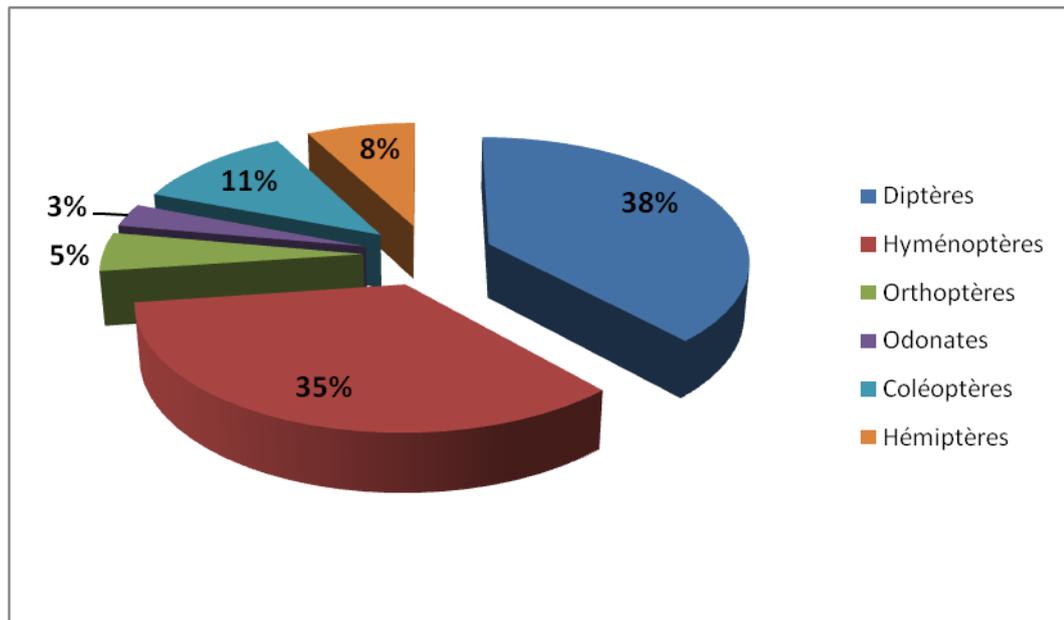
L'analyse de la variation de ce paramètre montre qu'il existe des différences très hautement significatives ( $F = 6,47$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). Les différences du nombre de proies sont observées entre J9 et J12 (Différence = 1,04 ;  $p = 0,009$  ; h.s.\*\*), J9 et J15 (Différence = 0,85 ;  $p = 0,03$  ; s.\*) et J9 avec J5 (Différence = 1,29 ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). (Fig. 51)



**Figure 51.** Variation du nombre de proies en fonction de l'âge des pulli.

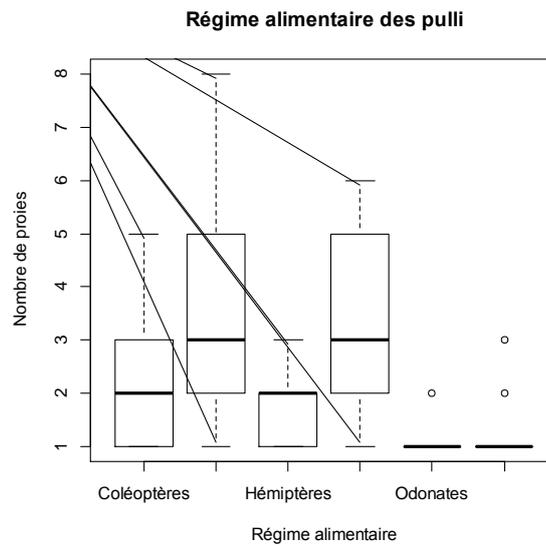
### 3.3. Composition du régime alimentaire des pulli :

Le régime alimentaire des pulli durant la saison de reproduction est essentiellement constitué de Diptères (38%), suivi par les Hyménoptères (35%), les Coléoptères (11%), les hémiptères (8%), les Orthoptères (5%) et les Odonates (3%) (Fig. 52).



**Figure 52.** Régime alimentaire des oisillons de l' *Hirondelle de cheminée*

Nos résultats montrent qu' il existe des différences très hautement significatives entre les différents ordres ( $F = 6,60$  ;  $p = 0,000$  ; t.h.s.\*\*\*). Ces différences sont observées entre le nombre d' Hémiptères et de Diptères (Différence = - 1,50 ;  $p = 0,03$  ; s.\*), les Odonates avec les Diptères (Différence = - 2,14 ;  $p = 0,005$  ; h.s.\*\*), les Orthoptères et les Diptères (Différence = - 2,01 ;  $p = 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*), l' ordre des Odonates avec celui des Hyménoptères (Différence = - 1,99 ;  $p = 0,01$  ; h.s.\*\*\*) et enfin les orthoptères et les Hyménoptères (Différence = - 1,87 ;  $p = 0,004$  ; h.s.\*\*). (Fig. 53)

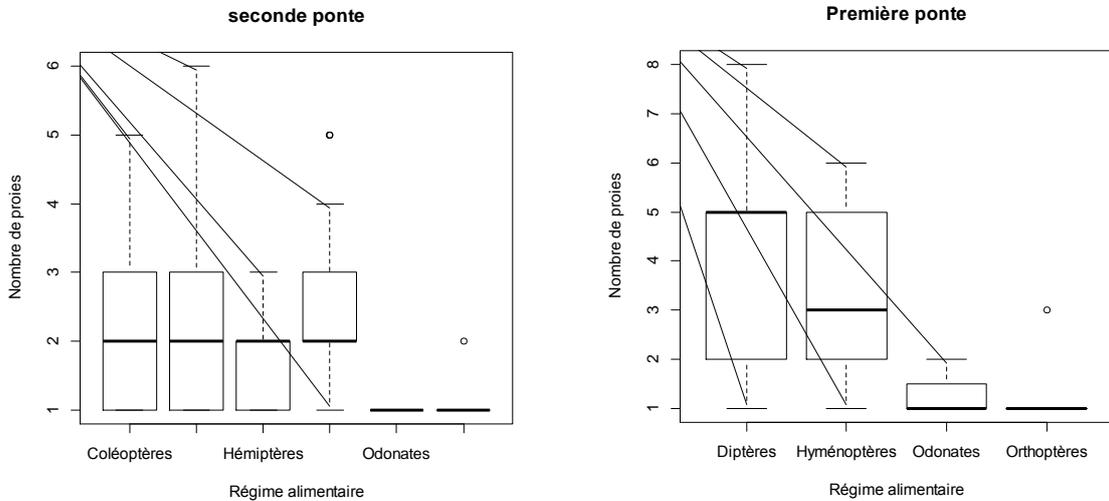


**Figure 53.** Variation du régime alimentaire des pulli

Il existe des différences du régime alimentaire durant la saison de reproduction et ceci entre les deux pontes de l' espèce. Pendant la première ponte, le régime est constitué essentiellement de Diptères et d' Hyménoptères, ensuite viennent successivement les Orthoptères et les Odonates avec des valeurs plus faibles. L' analyse de la variation du régime alimentaire durant la première ponte montrent qu' il existe des différences hautement significatives du nombre de proies par ordre ( $F = 5,69$  ;  $p = 0,002$  ; h.s.\*\*). Ces différences sont observées entre l' ordre des Odonates et des Diptères (Différences = - 2,90 ;  $p = 0,04$  ; s.\*), celui des Orthoptères avec les Diptères (Différences = - 2,90 ;  $p = 0,005$  ; h.s.\*\*\*) et enfin l' ordre des Orthoptères avec celui des Hyménoptères (Différences = - 2,20 ;  $p = 0,04$  ; s.\*). (Fig. 54)

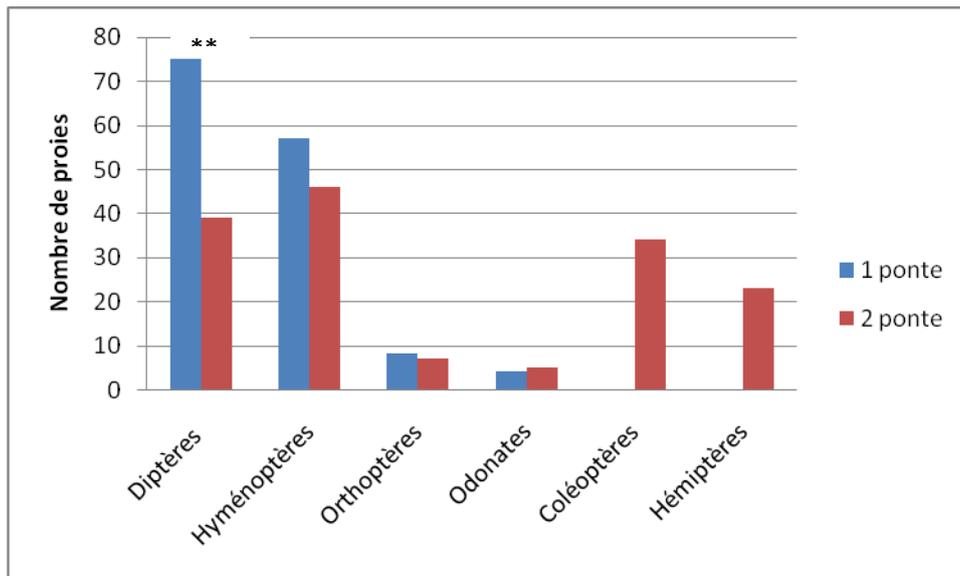
Concernant la seconde ponte, le régime alimentaire des pulli compte deux ordres de plus qui sont les Coléoptères et les Hémiptères. Cependant ce sont toujours les Hyménoptères et les Diptères que l' on retrouve essentiellement, suivi par les Coléoptères, les Hémiptères, les Orthoptères et les Odonates. La comparaison statistique du nombre de proies par ordre montre qu' il existe une différence significative ( $F = 2,88$  ;  $p = 0,02$  ; s.\*). La différence est

observées entre le nombre d' Odonates et d' Hyménoptères (Différences = - 1,71 ; p = 0,04 ; s.\*). (Fig. 54)



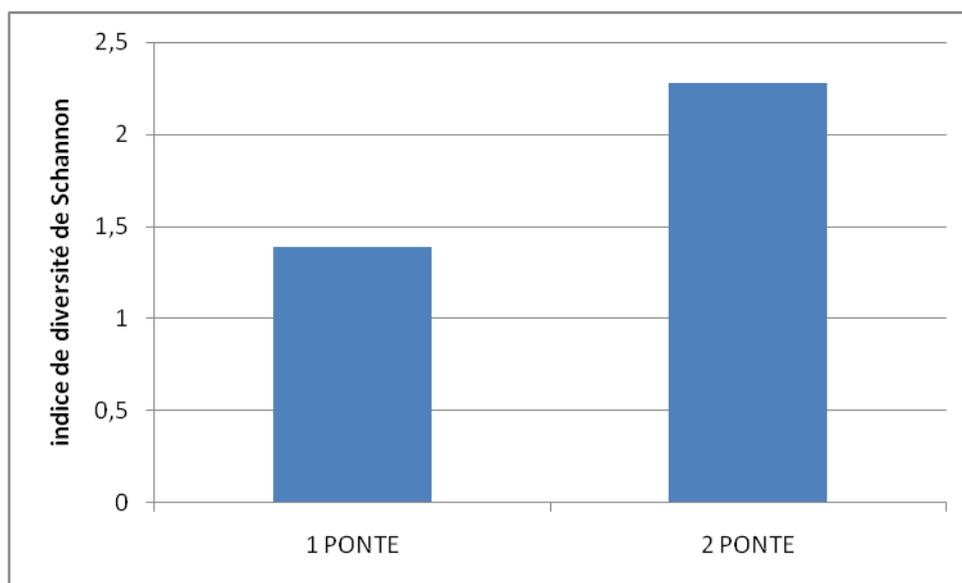
**Figure 54.** Variation du régime alimentaire des pulli durant la première et la seconde ponte

La comparaison entre le régime alimentaire des pulli issus de la première et la seconde ponte montre qu' il existe des différences hautement significatives du nombre de Diptères ( $t = 3,13$  ;  $ddl = 32$  ;  $p < 0,01$  ; h.s.\*\*). Pour les autres ordres, les résultats ne montrent pas de différences significatives entre les deux pontes (Hyménoptères :  $t = 1,71$  ;  $ddl = 32$  ;  $p > 0,05$  ; n.s. – Orthoptères :  $t = 0,45$  ;  $ddl = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s. – Odonates :  $t = 1,37$  ;  $ddl = 6$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). (Fig. 55)



**Figure 55.** Comparaison du régime alimentaire des pulli de l’Hirondelle de cheminée issue de la première et la seconde ponte

On observe que le régime alimentaire est plus diversifié en seconde ponte. En effet, durant la première ponte on remarque la présence de 4 ordres (Diptères, Hyménoptères, Orthoptères et Odonates). En seconde ponte, 2 ordres viennent s’ajouter au régime alimentaire (Coléoptères et Hémiptères). Le calcul de l’indice d’abondance de Shannon Weaver montre une valeur plus importante pour la seconde ponte. En effet, cet indice d’abondance est de 1,39 pour la première ponte et 2,28 pour la seconde. Ce qui conforte nos résultats sur le fait que le régime alimentaire soit plus diversifié en seconde ponte. (Fig. 56)



*Figure 56. Indice de diversité de shannon weaver du régime alimentaire pour la première et la seconde ponte*

**4. Etude des ectoparasites de l’Hirondelle de cheminée :**

L’identification et la quantification des ectoparasites des nids a été faite sur deux saisons de reproduction, en l’occurrence, 2005 et 2006. Les résultats décrits ci-dessous illustrent les données de tous les nids récoltés durant les deux années.

**4.1. Identification des ectoparasites des nids :**

Nous avons identifié trois ordres taxonomiques d’ectoparasites de l’Hirondelle de cheminée, il s’agit : de mites, de poux et de puces représentant 6 espèces différentes (Tab. ). Ces dernières sont : *Ornithonyssus bursa*, *Pellonyssus sp.1*, *Pellonyssus sp.2*, *Myrsidea rustica*, *Hirundoecus malleus* et *Ceratophyllus hirundinis*.

*Ornithonyssus bursa* et les deux espèces de *pellonyssus* appartiennent à la famille des *Macronyssidae*. *Myrsidea rustica* et *Hirundoecus malleus* à celle des *Menoponidea* et *Ceratophyllus hirundinis* à la famille des *Ceratophyllidae*. (Tab. 34)

**Tableau 34.** Ectoparasites retrouvés dans les nids des populations d’Hirondelle de cheminée

Ectoparasites	Familles	Espèces
<b>Mites</b>	<i>Macronyssidae</i>	<i>Ornithonyssus bursa</i> <i>Pellonyssus sp.1</i> <i>Pellonyssus sp.2</i>
<b>Poux</b>	<i>Menoponidae</i>	<i>Myrsidea rustica</i> <i>Hirundoecus malleus</i>
<b>Puces</b>	<i>Ceratophyllidae</i>	<i>Ceratophyllus hirundinis</i>

**a) *Ornithonyssus bursa* :**

C' est un petit parasite d' environ 0.7 mm (**Moller, 1994**), qui appartient à la famille des *Macronyssidae*. On le retrouve chez la majorité des oiseaux, mais rarement chez les mammifères (**micherdzinski, 1980 ; Gjelstrup et Moller, 1986**). Il a un cycle de vie qui comprend un stade larvaire et deux stades nymphaux (**Sikes et Chamberlain, 1954**).

La femelle produit entre deux et cinq œufs par ponte. Le cycle entier dure entre 5 à 7 jours. Durant un cycle reproductif d' un couple d' Hirondelle, il peut se passer 8 à 10 générations de parasites (**Moller, 1994**).

**b) *Pellonyssus* :**

Le genre *Pellonyssus* appartient à la même famille qu' *Ornithonyssus bursa*. C' est un parasite que l' on retrouve au niveau des nids mais également sur l' hôte (**Radovsky, 1994**). Il a également un stade larvaire et deux stades nymphaux, le stade larvaire est plus court que les autres stades (**Clark et Yunker, 1956**). Le cycle de cette espèce dure de 5 à 7 jours (**Moller, 1994**).

**c) *Myrsidea rustica et Hirundoecus malleus* :**

*Myrsidea rustica* et *Hirundoecus malleus* sont des poux hématophages que l' on retrouve en général sur les plumes. En effet, la première espèce d' une taille de 1.5 mm seulement, est reconnaissable aux trous qu' elle peut laisser sur les plumes des pulli et des adultes de l' Hirondelle de cheminée. Cette espèce peut être vectrice de microparasites (**Moller, 1994**). La seconde espèce est un parasite spécifique à l' Hirondelle de cheminée, sa taille est d' environ 1mm. Il est reconnaissable aux petites taches noires qu' il forme sur les plumes (**Moller, 1994**).

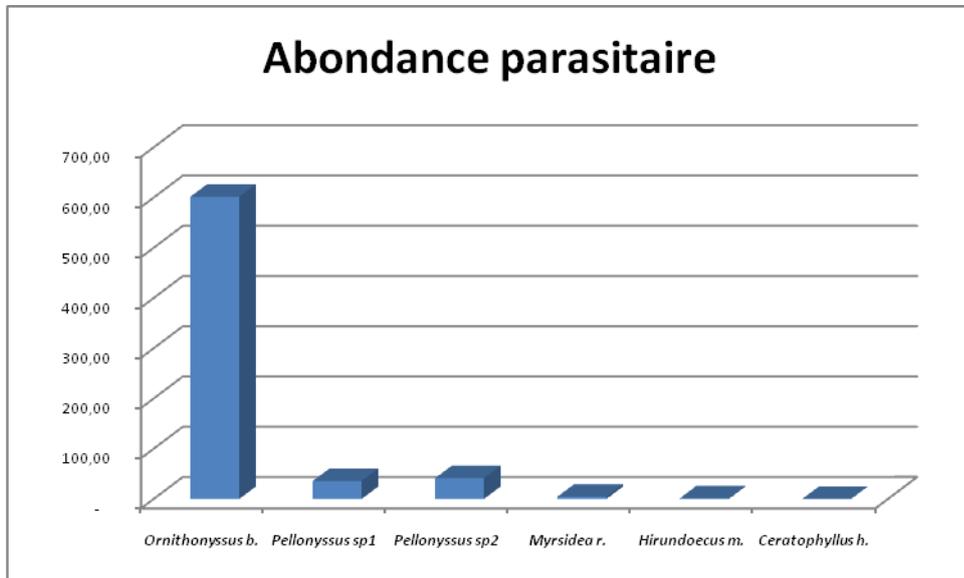
**d) *Ceratophyllus hirundinis* :**

C' est un parasite d' une taille de 1.5 mm. L' adulte est hématophage, tandis que les larves se nourrissent des débris des matériaux de construction des nids (**Moller, 1994**).

**4.2. Quantification des ectoparasites des nids :**

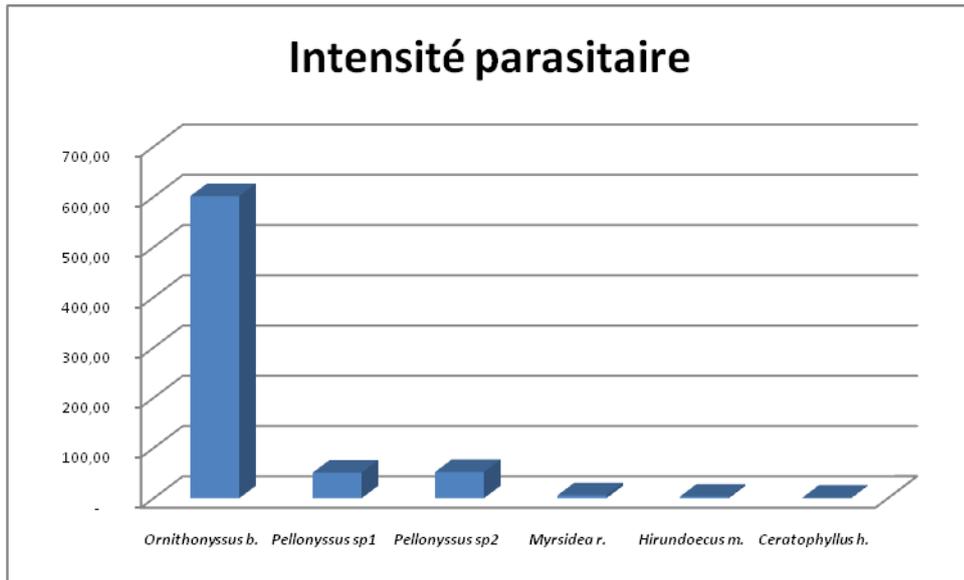
Les ectoparasites ne se retrouvent pas à part égale dans tous les nids. Cependant, ce sont toujours les mites et plus exactement *Ornithonyssus bursa* que l'on retrouve dans tous les nids et en grande quantité.

L'abondance des espèces de parasites diffère d'une espèce à une autre (Fig. 57; Tab. 35). En effet, nos résultats montrent que l'espèce la plus abondante est *Ornithonyssus bursa* (601,65), suivie par les deux espèces de *Pellonyssus* (sp. 2 : 41,35 et sp. 35,63), *Myrsidea rustica* (4,58), *Hirundoecus malleus* (1,28) et enfin avec l'abondance la plus faible *Ceratophyllus hirundinis* (0,05).



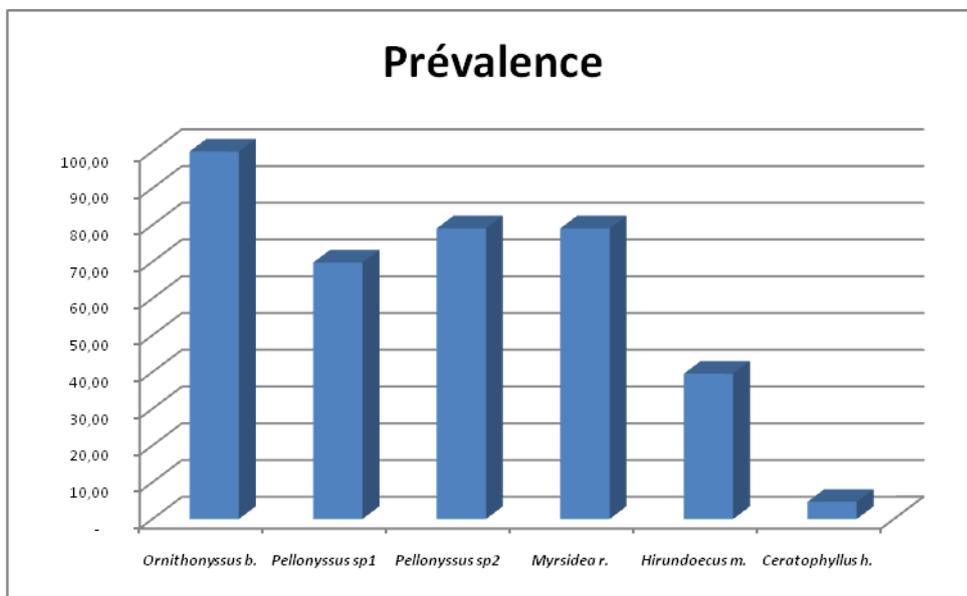
**Figure 57.** Abondance des ectoparasites dans les nids de l'Hirondelle de cheminée

Les mêmes tendances sont observées pour ce qui est de l'intensité parasitaire. *Ornithonyssus bursa* (601,65) est l'espèce dont l'intensité moyenne est la plus élevée, suivie par les deux espèces de *Pellonyssus* (sp. 2 : 59,27 et sp. 51,07), ensuite *Myrsidea rustica* (5,79) et *Hirundoecus malleus* (3,24) et enfin *Ceratophyllus hirundinis* (1). (Fig. 58; Tab. 35)



**Figure 58.** Intensité moyenne des ectoparasites dans les nids de l’Hirondelle de cheminée

Le calcul de la prévalence montre qu’*Ornithonyssus bursa* est l’espèce la plus prévalente car observée dans tous les nids de l’Hirondelle de cheminée (100 %). Elle est suivie par *Pellonyssus sp.2* (79,07 %) et *Pellonyssus sp.1* (69,77 %), *Myrsidea rustica* (79,07 %), *Hirundoecus malleus* (39,53 %) et enfin avec la prévalence la plus faible *Ceratophyllus hirundinis* (4,65 %). (Fig. 59; Tab. 35)



**Figure 59.** Prévalence des ectoparasites dans les nids de l’Hirondelle de cheminée

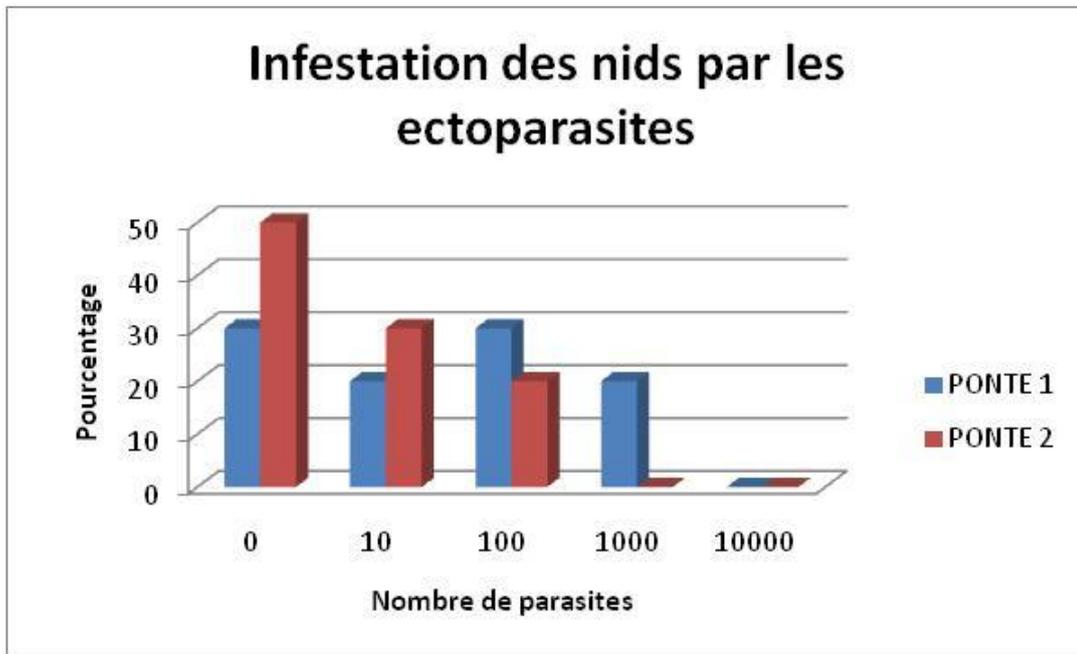
**Tableau 35. Prévalence, abondance et intensité des espèces parasites de l'Hirondelle de cheminée présents dans les nids**  
 [(moyenne ± écart type) (min – max)]

<b>Parasites</b>	<b>Nids infestés</b>	<b>Prévalence</b>	<b>Abondance moyenne</b>	<b>Intensité moyenne</b>
<i>Ornithonyssus bursa</i>	43	100 %	601,65 ± 271,43 (100 – 1203)	601,65 ± 271,43 (100 – 1203)
<i>Pellonyssus sp.1</i>	30	69,77 %	35,63 ± 30,21 (0 – 87)	51,07 ± 22,5 (3 – 87)
<i>Pellonyssus sp.2</i>	34	79,07 %	41,35 ± 35,43 (0 – 98)	59,27 ± 26,83 (12 – 98)
<i>Myrsidea rustica</i>	34	79,07 %	4,58 ± 2,95 (0 – 9)	5,79 ± 1,95 (2 – 9)
<i>Hirundoecus malleus</i>	17	39,53 %	1,28 ± 1,07 (0 – 4)	3,24 ± 0,75 (2 – 4)
<i>Ceratophyllus hirundinis</i>	2	4,65 %	0,05 ± 0,01 (0 – 1)	1 ± - (1 – 1)

**4.3. Effet des ectoparasites sur les pulli de l’Hirondelle de cheminée :**

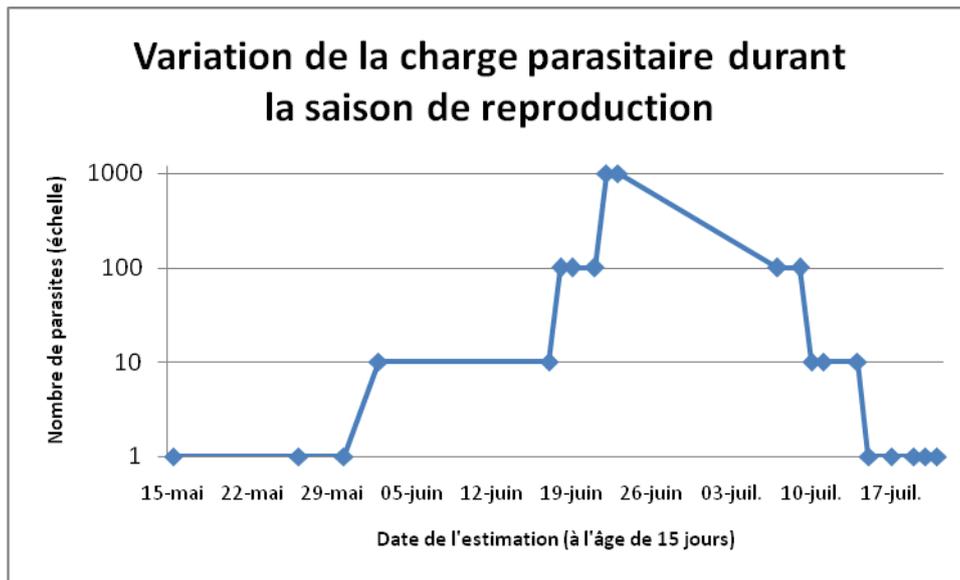
Durant cette étude nous avons travaillé 40 nids de l’Hirondelle de cheminée répartis en 10 nids expérimentaux déparasités pour la première ponte mais également pour la seconde et 10 nids également pour les deux pontes utilisés comme lot témoin.

Durant la saison de reproduction, l’infestation par les ectoparasites diffère d’un nid à un autre (Fig. 60). On observe dans le lot témoin que 30 % des nids de la première ponte ne sont pas infestés. Ce pourcentage est plus important durant la seconde ponte car il est de 50 %. Le pourcentage de nids infestés par 10 parasites est de 20 % pour la première ponte et 30 % pour la seconde. Sur tous les nids étudiés, 30 % sont infestés par une centaine de parasites et ceci pour la première ponte et 20 % pour la seconde. Enfin, 20 % des nids sont infestés durant la première ponte et durant la seconde ponte aucun nid n’a été infestés par les parasites (0 %). Aucun nid n’est infesté par 10000 parasites et ceci pour les deux pontes.



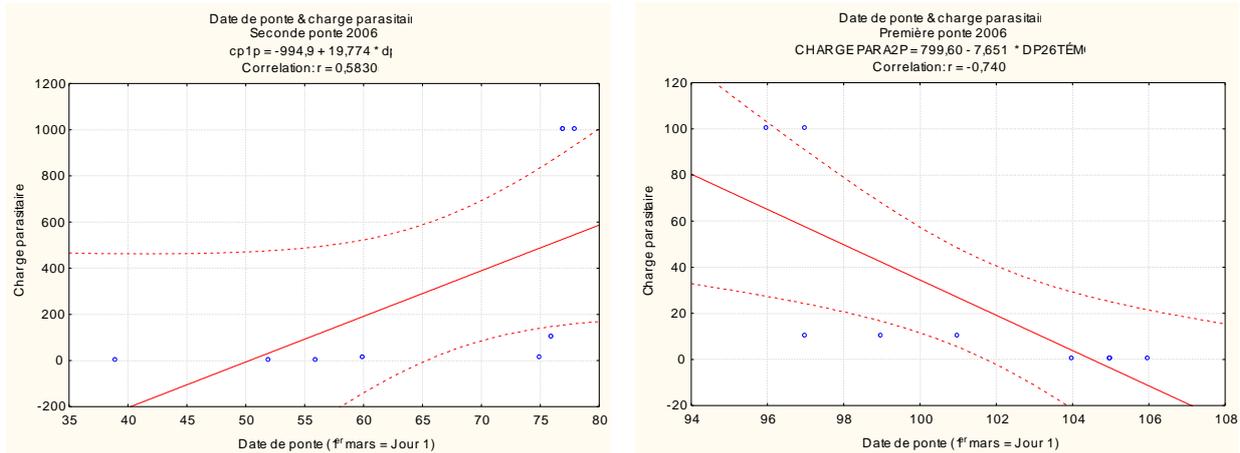
*Figure 60. Pourcentages d’infestation des nids de l’Hirondelle de cheminée par les parasites*

Durant la saison de reproduction, la charge parasitaire est nulle en tout début de saison (Fig. 61). A partir du mois de juin, la charge parasitaire commence à augmenter petit à petit. Elle passe de 10 parasites par nid vers le 2 juin à 100 le 18 juin, et continue à augmenter jusqu'à arriver à un maximum de 1000 parasites le 22 et 23 juin. Après ces deux dates la charge parasitaire diminue au fur et à mesure du temps jusqu'à redevenir nulle vers le 15 juillet et jusqu'à la fin de la seconde ponte de l'espèce.



**Figure 61.** Variation de la charge parasitaire durant la saison de reproduction 2006 de l'Hirondelle de cheminée

Nos résultats ne montrent pas l'existence d'une relation entre la date de ponte et la charge parasitaire durant la première ponte ( $r = 0,58$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Par contre, durant la seconde ponte les données montrent l'existence d'une relation négative et hautement significative ( $r = - 0,74$  ;  $n = 10$  ;  $p = 0,01$  ; h.s.\*\*). Ce qui veut dire que la charge parasitaire diminue au cours de la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée. (Fig. 62)



**Figure 62.** Relation entre la date de ponte et la charge parasitaire durant la première et la seconde ponte de l’Hirondelle de cheminée

La comparaison des paramètres de la reproduction entre lot témoin et lot traité, montre que durant la première ponte, certains paramètres comme la grandeur de ponte, la durée de l’incubation, le nombre d’œufs éclos et le succès à l’éclosion ne montrent pas de différences entre lot traité et lot témoin [(GP :  $t = -1,52$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,15$  ; n.s.) ; (DI :  $t = 0,89$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,38$  ; n.s.) ; (NOE :  $t = -1,74$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,10$  ; n.s.) ; (SECL :  $t = -0,68$  ;  $ddl = 0,51$  ; n.s.)] (Tab. ). Par contre, en ce qui concerne les paramètres restants qui sont le nombre de jeunes à l’envol, le succès à l’envol et le succès de la reproduction, nos résultats montrent qu’il existe des différences hautement significatives entre les deux lots en faveur du lot traité [(JE :  $t = -3,48$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,003$  ; h.s.\*\*\*) ; (SENV :  $t = -2,74$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,01$  ; h.s.\*\*\*) ; (SR :  $t = -3,02$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,007$  ; h.s.\*\*\*)] (Tab. 36). Ce qui veut dire que ces derniers paramètres présentent des valeurs plus importantes pour le lot traité (déparasité).

**Tableau 36.** Paramètres de la reproduction de l’Hirondelle de cheminée pour les nids issus du lot témoin et du lot traité (expérimental) durant la première ponte

[(effectif) moyenne ± écart type (min – max)]

	Lot témoin	Lot traité	Test t
<b>Date de ponte</b>	(10) 85,70 ± 4,79 (68 - 90)	(10) 66,60 ± 13,84 (39 - 79)	
<b>Grandeur de ponte</b>	(10) 4,80 ± 0,79 (4 - 6)	(10) 5,30 ± 0,67 (4 - 6)	t = - 1,52 ; ddl = 18 ; p = 0,15 ; n.s.
<b>Durée de l’incubation</b>	(10) 14,80 ± 1,23 (12 - 16)	(10) 14,40 ± 0,70 (13 - 15)	t = 0,89 ; ddl = 18 ; p = 0,38 ; n.s.
<b>Nombre d’œufs éclos</b>	(10) 4,90 ± 0,99 (3 - 6)	(10) 4,20 ± 0,79 (3 - 5)	t = - 1,74 ; ddl = 18 ; p = 0,10 ; n.s.
<b>Succès à l’éclosion</b>	(10) 0,88 ± 0,14 (0,6 - 1)	(10) 0,92 ± 0,13 (0,67 - 1)	t = - 0,68 ; ddl = 10 ; p = 0,51 ; n.s.
<b>Jeunes à l’envol</b>	(10) 2,50 ± 1,96 (0 - 5)	(10) 4,90 ± 0,99 (3 - 6)	<b>t = - 3,48 ; ddl = 18 ; p = 0,003 ; h.s.**</b>
<b>Succès à l’envol</b>	(10) 0,62 ± 0,44 (0 - 1)	(10) 1 ± - (1 - 1)	<b>t = - 2,74 ; ddl = 18 ; p = 0,01 ; h.s.**</b>
<b>Succès de la reproduction</b>	(10) 0,53 ± 0,41 (0 - 1)	(10) 0,94 ± 0,11 (0,75 - 1)	<b>t = - 3,02 ; ddl = 18 ; p = 0,007 ; h.s.**</b>

Pendant la seconde ponte, les résultats ne montrent pas l’existence de différences entre le lot témoin et le lot traité concernant les paramètres de la reproduction. En effet, que ce soit pour la grandeur de ponte (t = - 0,65 ; ddl = 18 ; p = 0,53 ; n.s.), la durée de l’incubation (t = - 1,88 ; ddl = 18 ; p = 0,08 ; n.s.), le nombre d’œufs éclos (t = - 0,63 ; ddl = 18 ; p = 0,54 ; n.s.), le succès à l’éclosion (t = - 0,33 ; ddl = 18 ; p = 0,75 ; n.s.), le nombre de jeunes à

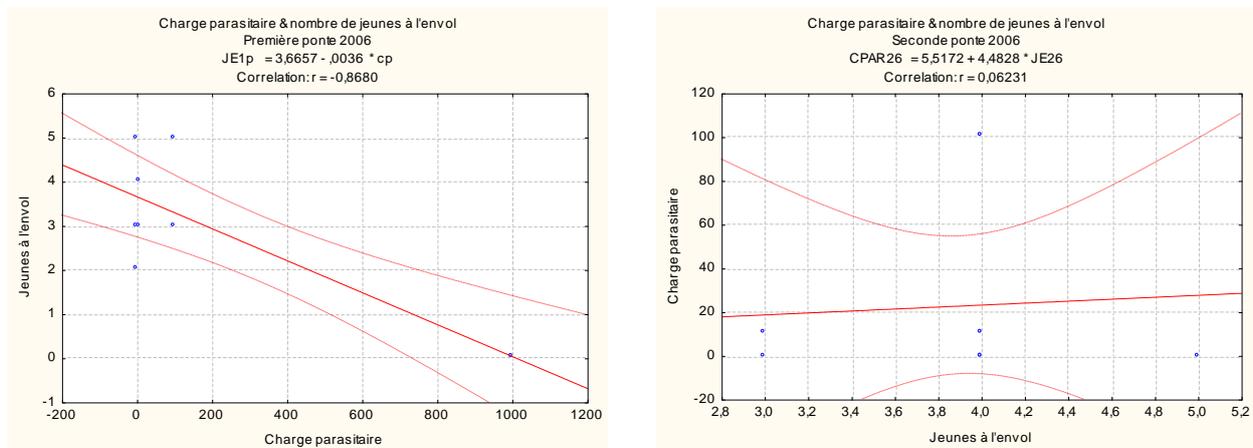
l'envol ( $t = - 1,12$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,27$  ; n.s.), le succès à l'envol ( $t = - 0,85$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,41$  ; n.s.) où le succès de la reproduction ( $t = - 0,88$  ;  $ddl = 18$  ;  $p = 0,39$  ; n.s.), nos résultats ne montre aucune différence statistiquement significative entre les deux lots (Tab. 37)

**Tableau 37.** Paramètres de la reproduction de l'Hirondelle de cheminée pour les nids issus du lot témoin et du lot traité (expérimental) durant la seconde ponte

*[(effectif) moyenne  $\pm$  écart type (min – max)]*

	<b>Lot témoin</b>	<b>Lot traité</b>	<b>Test t</b>
<b>Date de ponte</b>	(10) 101,50 $\pm$ 3,95 (96 -106)	(10) 111,40 $\pm$ 3,63 (106 – 116)	
<b>Grandeur de ponte</b>	(10) 4,70 $\pm$ 0,82 (4 – 6)	(10) 4,50 $\pm$ 0,53 (4 – 5)	$t = - 0,65$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,53$ ; n.s.
<b>Durée de l'incubation</b>	(10) 14,80 $\pm$ 0,63 (14 – 16)	(10) 14,10 $\pm$ 0,99 (13 – 16)	$t = - 1,88$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,08$ ; n.s.
<b>Nombre d'œufs éclos</b>	(10) 4,30 $\pm$ 0,48 (4 – 5)	(10) 4,10 $\pm$ 0,88 (3 - 5)	$t = - 0,63$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,54$ ; n.s.
<b>Succès à l'éclosion</b>	(10) 0,93 $\pm$ 0,12 (0,67 – 1)	(10) 0,91 $\pm$ 0,15 (0,6 – 1)	$t = - 0,33$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,75$ ; n.s.
<b>Jeunes à l'envol</b>	(10) 3,90 $\pm$ 0,57 (3 – 5)	(10) 3,50 $\pm$ 0,97 (2 – 5)	$t = - 1,12$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,27$ ; n.s.
<b>Succès à l'envol</b>	(10) 0,91 $\pm$ 0,12 (0,75 – 1)	(10) 0,86 $\pm$ 0,16 (0,6 – 1)	$t = - 0,85$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,41$ ; n.s.
<b>Succès de la reproduction</b>	(10) 0,85 $\pm$ 0,18 (0,5 – 1)	(10) 0,78 $\pm$ 0,19 (0,4 – 1)	$t = - 0,88$ ; $ddl = 18$ ; $p = 0,39$ ; n.s.

Il n'existe pas de relation entre la charge parasitaire et la grandeur de ponte et ceci pour la première ( $r = -0,16$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) et la seconde ponte ( $r = -0,40$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Le même résultat est constaté pour la relation entre la charge parasitaire et le nombre d'œufs éclos pour les deux pontes (1 ponte :  $r = 0,44$ ,  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) (2 ponte :  $r = -0,33$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) ; ainsi qu'entre la charge parasitaire et le nombre de pulli présents dans le nid (1 ponte :  $r = -0,33$ ,  $n = 10$ ,  $p > 0,05$  ; n.s.) (2 ponte =  $r = 0,44$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). Par contre, on observe l'existence d'une relation négative et très hautement significatives entre la charge parasitaire et le nombre de jeunes à l'envol durant la première ponte ( $r = -0,87$  ;  $n = 10$  ;  $p = 0,001$  ; t.h.s.\*\*\*), ce qui signifie que lorsque la charge parasitaire augmente le nombre de jeunes à l'envol diminue. cette corrélation est inexistente durant la seconde ponte ( $r = 0,06$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) (Fig. 63).



**Figure 63.** Relation entre le nombre de jeunes à l'envol et la charge parasitaire durant la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée

La courbe logistique de croissance des poussins présente trois phases distinctes : une phase rapide de l'éclosion jusqu'au 9<sup>ème</sup> jour suivie d'une phase de ralentissement entre le 9<sup>ème</sup> et le 12<sup>ème</sup> jour (inflexion de la courbe) et enfin une phase de stabilisation à partir du 12<sup>ème</sup> jour et jusqu'à l'envol (Fig. ). La croissance pondérale des oisillons issus de la première ponte montre qu'il n'y a pas de différences de poids à J0 ( $t = 0,08$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,94$  ; n.s.) et à J5 ( $t = -0,44$  ;  $ddl = 7$  ;  $p = 0,67$  ; n.s.) entre le lot témoin et le lot traité. A l'âge de 9 jours ( $t = -2,47$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,03$  ; s.\*), la différence devient significative en faveur du lot

traité. A 12 jours la différence entre les deux lots est hautement significative ( $t = 3,56$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,01$  ; **h.s.\*\***) et à 15 jours la différence redevient significative ( $t = 2,75$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,02$  ; **s.\***). (Tab. 38; Fig. 64)

**Tableau 38.** Croissance pondérale des oisillons issus du lot témoin et du lot expérimental (traité) durant la première ponte de la saison de reproduction 2006.

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

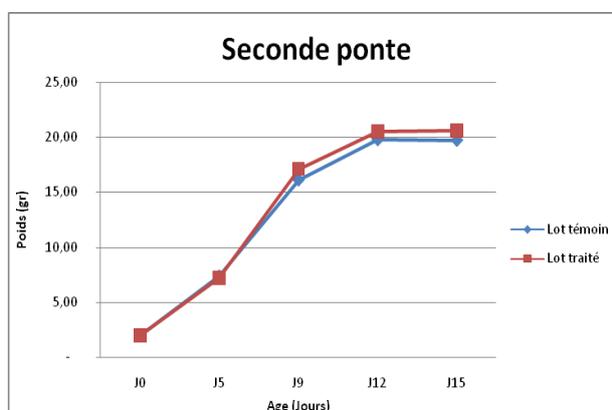
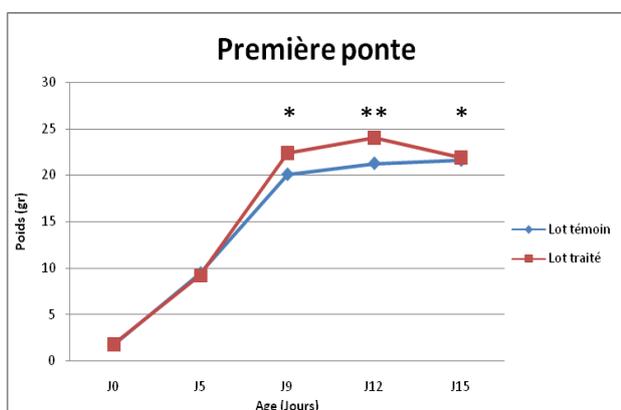
Première ponte	Lot témoin	Lot traité	Test t
<b>Jour 0</b>	(4) $1,72 \pm 0,27$ (1,4 – 2)	(4) $1,74 \pm 0,36$ (1,2 – 2,1)	$t = 0,08$ ; $ddl = 6$ ; $p = 0,94$ ; n.s.
<b>Jour 5</b>	(4) $9,45 \pm 0,31$ (19,3 – 21,5)	(5) $9,16 \pm 1,27$ (7,6 – 10,7)	$t = - 0,44$ ; $ddl = 7$ ; $p = 0,67$ ; n.s.
<b>Jour 9</b>	(5) $20,1 \pm 0,83$ (19,3 – 21,5)	(7) $22,36 \pm 1,89$ (18,3 – 24)	<b><math>t = - 2,47</math> ; <math>ddl = 10</math> ; <math>p = 0,03</math> ; <b>s.*</b></b>
<b>Jour 12</b>	(5) $21,29 \pm 1,06$ (19,87 – 22,5)	(3) $24 \pm 1$ (23 – 25)	<b><math>t = 3,56</math> ; <math>ddl = 6</math> ; <math>p = 0,01</math> ; <b>h.s.**</b></b>
<b>Jour 15</b>	(5) $20,63 \pm 0,86$ (19,5 – 21,65)	(7) $21,87 \pm 0,70$ (20,9 – 22,7)	<b><math>t = 2,75</math> ; <math>ddl = 10</math> ; <math>p = 0,02</math> ; <b>s.*</b></b>

Durant la seconde ponte, la croissance pondérale ne montre pas de différences entre lot témoin et lot traité que ce soit au jour 0 ( $t = 1,38$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,20$  ; n.s.), à 5 jours ( $t = 0,34$  ;  $ddl = 9$  ;  $p = 0,74$  ; n.s.), à 9 jours ( $t = - 1,03$  ;  $ddl = 11$  ;  $p = 0,32$  ; n.s.), 12 jours ( $t = - 1,15$  ;  $ddl = 4$  ;  $p = 0,31$  ; n.s.) où 15 jours ( $t = - 1,61$  ;  $ddl = 12$  ;  $p = 0,13$  ; n.s.) (Tab. 39; Fig. 64).

**Tableau 39.** Croissance pondérale des oisillons issus du lot témoin et du lot expérimental (traité) durant la seconde ponte de la saison de reproduction 2006.

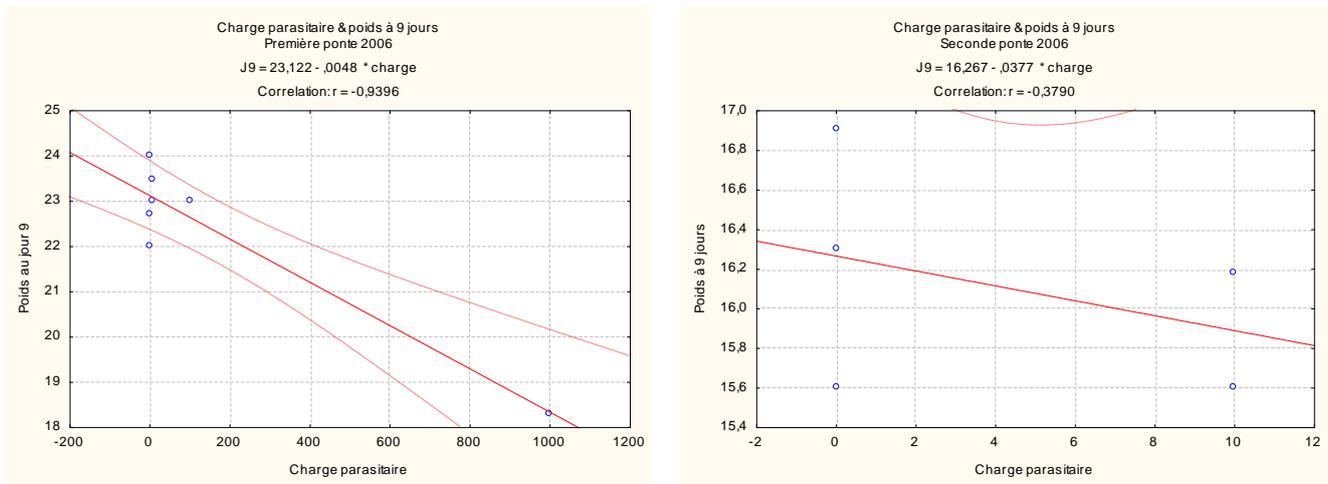
[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

Seconde ponte	Lot témoin	Lot traité	Test t
<b>Jour 0</b>	(4) 2 $\pm$ 0,10 (1,85 – 2,07)	(8) 1,94 $\pm$ 0,05 (1,87 – 2)	t = 1,38 ; ddl = 10 ; p = 0,20 ; n.s.
<b>Jour 5</b>	(5) 7,37 $\pm$ 0,63 (6,36 – 8)	(6) 7,16 $\pm$ 1,24 (5,6 – 9)	t = 0,34 ; ddl = 9 ; p = 0,74 ; n.s.
<b>Jour 9</b>	(5) 16,12 $\pm$ 0,54 (15,6 – 16,9)	(8) 17,1 $\pm$ 2,05 (15 – 20,5)	t = - 1,03 ; ddl = 11 ; p = 0,32 ; n.s.
<b>Jour 12</b>	(3) 19,77 $\pm$ 0,89 (18,88 – 20,65)	(3) 20,48 $\pm$ 0,62 (19,8 – 21)	t = - 1,15 ; ddl = 4 ; p = 0,31 ; n.s.
<b>Jour 15</b>	(6) 19,71 $\pm$ 1,07 (18,7 – 21,7)	(8) 20,58 $\pm$ 0,94 (19,5 – 22)	t = - 1,61 ; ddl = 12 ; p = 0,13 ; n.s.



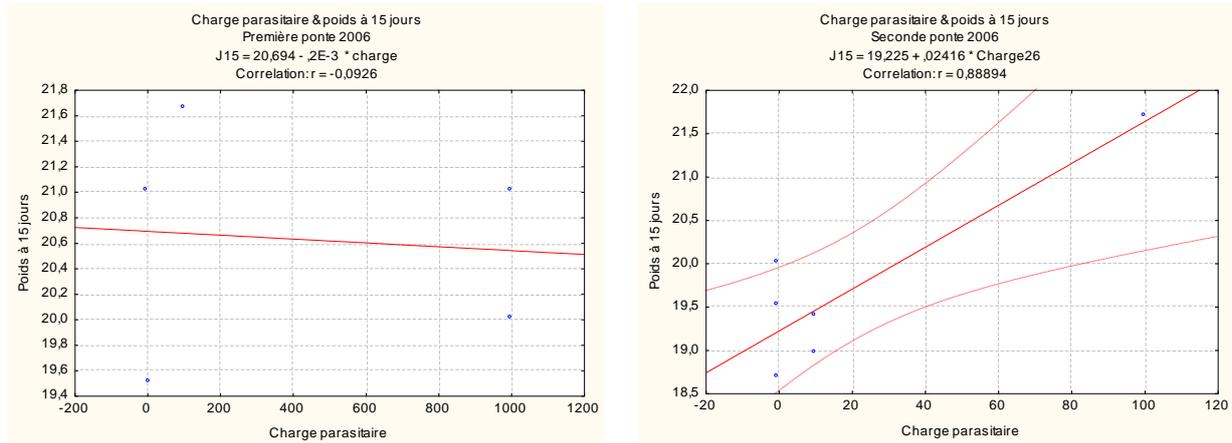
**Figure 64.** Croissance pondérale des oisillons durant la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée pendant la saison de reproduction 2006.

La charge parasitaire ne présente pas de relations avec le poids des oisillons à 0 jour et ceci pour la première ( $r = 0,33$  ;  $n = 4$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) et la seconde ponte ( $r = - 0,60$  ;  $n = 4$ ,  $p > 0,05$  ; n.s.). Les mêmes tendances sont observées à l'âge 5 jours [(1 ponte :  $r = 0,45$  ;  $n = 4$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) (2 ponte :  $r = - 0,68$  ;  $n = 5$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)], et 12 jours [(1 ponte :  $r = - 0,78$  ;  $n = 5$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) (2 ponte :  $r = - 0,86$  ;  $n = 3$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)]. Par contre, nos résultats montrent qu'il existe une corrélation hautement significative entre la charge parasitaire et le poids des pulli à 9 jours durant la première ponte ( $r = - 0,94$  ;  $n = 7$  ;  $p < 0,01$  ; h.s.\*\*), pendant la seconde ponte cette corrélation est inexistente ( $r = - 0,38$  ;  $n = 5$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) (Fig. 65).



**Figure 65.** Relation entre la charge parasitaire et le poids à 9 jours des pulli issus de la première et la seconde ponte de l'Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.

Une deuxième corrélation est observée et c'est celle concernant la charge parasitaire et le poids à 15 jours mais pour la seconde ponte ( $r = - 0,89$  ;  $n = 6$  ;  $p < 0,05$  ; s.\*). La corrélation est inexistente pour la première ponte ( $r = - 0,09$  ;  $n = 5$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.). (Fig. 66)



**Figure 66.** Relation entre la charge parasitaire et le poids à 15 jours des pulli issus de la première et la seconde ponte de l’Hirondelle de cheminée durant la saison de reproduction 2006.

Les paramètres morphologiques des pulli ne montrent pas de différences significatives entre les deux lots concernant la longueur du tarse ( $t = 0,33$  ;  $ddl = 15$  ;  $p = 0,74$  ; n.s.) et de la queue ( $t = 0,04$  ;  $ddl = 15$  ;  $p = 0,97$  ; n.s.) et ceci pour les pulli issus de la première ponte de l’espèce. Par contre, la longueur de l’aile des pulli montre des différences hautement significatives entre lot traité et lot témoin ( $t = 3,45$  ;  $ddl = 15$  ;  $p = 0,004$  ; h.s.\*\*). (Tab. 40)

**Tableau 40.** Paramètres morphologiques des pulli issus du lot témoin et du lot traité durant la première ponte de la saison de reproduction 2006.

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

	Lot témoin	Lot traité	Test t
<b>Longueur du tarse</b>	(7) 11,39 $\pm$ 0,16 (11,22 – 11,66)	(10) 11,42 $\pm$ 0,17 (11,14 – 11,73)	t = 0,33 ; ddl = 15 ; p = 0,74 ; n.s.
<b>Longueur de l'aile</b>	(7) 101,26 $\pm$ 2,97 (95,8 – 105,7)	(10) 106,27 $\pm$ 2,92 (103 – 111)	<b>t = 3,45 ; ddl = 15 ; p = 0,004 ; h.s.**</b>
<b>Longueur de la queue</b>	(7) 41,86 $\pm$ 1,85 (36,3 – 42,5)	(10) 41,90 $\pm$ 2,56 (38 – 46)	t = 0,04 ; ddl = 15 ; p = 0,97 ; n.s.

Pour ce qui est de la seconde ponte, les résultats ne montrent pas de différences entre les deux lots que ce soit pour la longueur du tarse (t = - 0,30 ; ddl = 17 ; p = 0,77 ; n.s.), la longueur de l'aile (t = 1,87 ; ddl = 17 ; p = 0,08 ; n.s.) mais également la longueur de la queue (t = - 0,12 ; ddl = 17 ; p = 0,91 ; n.s.). (Tab. 41)

**Tableau 41.** Paramètres morphologiques des pulli issus du lot témoin et du lot traité durant la seconde ponte de la saison de reproduction 2006.

[(effectif) ; moyenne  $\pm$  écart type (min - max)]

	Lot témoin	Lot traité	Test t
<b>Longueur du tarse</b>	(10) 11,53 $\pm$ 0,23 (11,19 – 11,78)	(9) 11,42 $\pm$ 0,20 (11,22 – 11,63)	t = - 0,30 ; ddl = 17 ; p = 0,77 ; n.s.
<b>Longueur de l'aile</b>	(10) 98,20 $\pm$ 1,32 (96 – 100)	(9) 95,63 $\pm$ 7,48 (87,75 – 102,33)	t = 1,87 ; ddl = 17 ; p = 0,08 ; n.s.
<b>Longueur de la queue</b>	(10) 36,80 $\pm$ 1,23 (35 – 38)	(9) 36,33 $\pm$ 1,94 (34 – 39)	t = - 0,12 ; ddl = 17 ; p = 0,91 ; n.s.

Il a absence de relations entre la charge parasitaire et les paramètres morphologiques mesurés (Longueur du tarse, de l'aile et de la queue). En effet, les résultats ne montrent pas de corrélations entre ces derniers et la charge parasitaire et ceci pour la première [(charge – Tarse :  $r = - 0,89$  ;  $n = 7$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) ; (charge – Aile :  $r = - 0,69$  ;  $n = 7$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) ; (Charge – Queue :  $r = - 0,62$  ;  $n = 7$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)] et la seconde ponte [(Charge – Tarse :  $r = 0,18$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) ; (Charge – Aile :  $r = - 0,10$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) ; (Charge – Queue :  $r = 0,29$  ;  $n = 10$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.)].

L'hématocrite des oisillons présente une différence significative entre lot témoin et lot traité et ceci pendant la première ponte de l'Hirondelle de cheminée (**t = 2,22 ; ddl = 12 ; p = 0,04 ; s.\***) (Tab. ). Pendant la seconde ponte, l'hématocrite des pulli ne présente pas de différences significatives entre les deux lots ( $t = - 0,60$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,57$  ; n.s.). (Tab. 42)

**Tableau 42.** *Hématocrite des pulli issus du lot témoin et du lot traité durant la première et la seconde ponte de la saison de reproduction 2006.*

*[(effectif) ; moyenne ± écart type (min - max)]*

Hématocrite	Lot témoin	Lot traité	Test t
<b>Première ponte</b>	(7) 38,59 ± 3,37 (32,31 – 42,5)	(7) 44,08 ± 6,78 (31,58 – 50,92)	<b>t = 2,22 ; ddl = 12 ; p = 0,04 ; s.*</b>
<b>Seconde ponte</b>	(4) 51,69 ± 3,61 (46,61 – 54,89)	(4) 49,61 ± 6,04 (41,69 – 56,82)	$t = - 0,60$ ; $ddl = 6$ ; $p = 0,57$ ; n.s.

Il n'existe pas de relation entre la charge parasitaire et l'hématocrite des oisillons et ceci pour la première ( $r = 0,32$  ;  $n = 7$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.) et la seconde ponte ( $r = 0,59$  ;  $n = 4$  ;  $p > 0,05$  ; n.s.).



---

## DISCUSSION



## DISCUSSION

Chaque année, les Hironnelles quittent l'Afrique tropicale en se regroupant sur les fils électriques et en migrant en groupes. Les déplacements se font de jour, par étapes de 200 à 300 kilomètres, à une vitesse comprise entre 50 et 90 km/h et souvent à moins de 100 mètres au dessus du sol (**Manco et al., 2010**). La nuit, elles se regroupent en dortoirs pouvant compter plusieurs milliers d'individus. Après plusieurs obstacles, dont le désert du Sahara pour les hironnelles nichant dans notre région et la Méditerranée pour celles qui se déplacent vers l'Europe, les Hironnelles arrivent dans leurs sites de reproduction (**Tate, 1986 ; Turner, 2006 ; Manco et al., 2010**). Elles commencent à arriver dans notre région dès la mi - février où certaines s'installent pour nicher et d'autres continuent leur trajet vers l'Europe (**Sakraoui et al., 2005**). Ces populations arrivent au sud de l'Espagne vers la mi- février (**Tate, 1986 ; Soler et al., 1998**). Mais le plus grand du mouvement se produit à partir de la mi-mars (**Møller, 1994**), avec l'arrivée en Italie, en France, en Allemagne et en Pologne en avril (**Kuzniak, 1967 ; Ribaut, 1983 ; Loske, 1989 ; Ambrosini, 2000**) et beaucoup plus tard en Scandinavie (**Møller, 1994**). A la fin de la saison de reproduction, vers la fin août (**Pilastro et Magnani, 1997 ; Pilastro et al., 1998**), les Hironnelles commencent à se regrouper dans des dortoirs à la tombée de la nuit pour ensuite entamer leur migration vers les quartiers d'hivers (**Bernis, 1971 ; Cramp, 1988 ; Ormerod, 1991 ; Turner, 2006**) en formant des groupes qui peuvent atteindre les 200 individus (**Campbell et al., 1997**). Les populations algériennes entament en général leur migration vers la mi-septembre (**Sakraoui et al., 2005**).

Les dates d'arrivées varient selon les espèces, mais aussi selon l'âge et le sexe des individus. Chez l'hirondelle de cheminée, les premiers arrivés sont les adultes et ensuite les jeunes. Dans chaque groupe, les mâles précèdent les femelles (**Møller et al., 2004a**). Chez l'hirondelle de fenêtre par exemple, les Hironnelles arrivent en couple, mais toujours les adultes avant les jeunes (**Manco et al., 2010**). En Europe, la date moyenne des premières arrivées des Hironnelles de cheminées dans les sites de nidification est corrélée positivement et significativement avec la température moyenne du mois de mars (**Sparks & Tryjanowski, 2007**). Dans notre région, qui se trouve plus au sud, les arrivées des Hironnelles de cheminées

se font plus précocement qu'en Europe, car ces dernières arrivent en général vers la mi février. Toutefois, les conditions météorologiques semblent avoir un impact direct sur les dates d'arrivées et ces dernières peuvent être retardées de plus d'un mois comme il a été observé en 2012 (date d'arrivé à la mi mars, *com pers*) par rapport aux années précédentes. Ce qui a provoqué un retard d'un mois dans le début de la ponte.

Certaines espèces d'Hirondelles sont également caractérisées par une structure sociale complexe pouvant aboutir à la création d'importantes colonies regroupant plus de 200 couples (**Turner, 2006 ; Manco et al., 2010 ; Safran, 2010**). L'Hirondelle de cheminée est sociable c'est-à-dire qu'elle peut vivre de manière isolée ou se regrouper en colonies selon les conditions environnementales (importante richesse trophique par exemple). Elle est caractérisée également par une fidélité dans le couple et envers le site de nidification (**Tate, 1986 ; Møller, 1994 ; Brown & Brown, 1999a ; Turner, 2006**). Les femelles se déplacent d'environ 1,6 Km de leur précédent site de nidification (**Iverson, 1988**) et les oiseaux d'un an reviennent souvent à 30 Km de leur site natal (**Shields, 1984 ; Turner et Rose, 1989**). Dans notre région, les Hirondelles nichent soit seules où en petites colonies comptant moins d'une dizaine d'individus. Cependant, les nids sont éloignés les uns des autres car on compte par exemple la présence d'un nid d'Hirondelle de cheminée par immeuble. Ces derniers sont en général réutilisés d'année en année ou alors nouvellement construit. Le principal avantage à réutiliser les vieux nids, est que cela permet aux couples en début de saison non seulement d'économiser une partie de leur énergie mais également d'entamer des pontes plus tôt par rapport au reste des individus qui construisent de nouveaux nids (**Shields et al., 1988 ; Safran, 2010**). Cependant, le principal inconvénient de cette stratégie est le risque d'infestation par les ectoparasites qui se trouve encore dans les nids et qui sont issus des précédentes reproductions (**Safran, 2010**).

L'économie d'énergie a une importance capitale dans la survie de l'espèce, car chaque ressource acquise doit être allouée aux différents besoins vitaux pour l'espèce surtout en période de reproduction où ce besoin sollicite plus d'énergie que les autres (voir en introduction). Chez les adultes, le compromis majeur s'opère entre la reproduction et la survie. L'effort reproducteur qui est estimé par le temps et l'énergie qui est utilisés par un

animal (**Trivers, 1972**); distingue deux aspects. Le premier est l'investissement sexuel avec tout ce qui est consacré en énergie pour rechercher et conquérir un partenaire sexuel (ou se battre pour éloigner les rivaux). Le second est l'investissement parental qui inclut tout ce qui concerne les soins aux jeunes (**Siegel et al., 1999**) et qui est susceptible d'avoir un effet négatif (en terme de coût de la reproduction) sur les chances de survie des jeunes et des adultes et leur succès reproducteur futur (**Williams, 1966 ; Bourgeon, 2006**).

L'Hirondelle de cheminée semble préférer dans notre région 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 plutôt dans les fermes et les étables toutes proches des bovins, ovins, ...etc. (**Møller, 1983 ; Ambrosini et al. , 2002 ; Møller, 1994 ; Turner, 2006 ; Kragten et al., 2006 ; Lubbe & De Snoo, 2007**). En Pologne par exemple, l'Hirondelle occupe également les deux types d'habitats (**Nizynska & Kopij, 2007**). Avec des densités plus importantes dans les villages autour des villes (**Luniak et al., 2001 ; Nizynska & Kopij, 2007**). En milieu urbain, les densités varient également que l'ont soient au centre ville ou à la périphérie où la densité est plus importante (**Kopij, 2004a ; 2004b ; Kopij, 2005 ; 2006 ; Nizynska & Kopij, 2007**). Dans notre région, les densités semblent être plus importantes en périphérie par rapport au centre ville et à l'habitat rural (observations personnelles). La diminution de la densité dans le centre ville est probablement plus liée à la pénurie des sites de nidification qu'au manque de ressources alimentaires (**Nizynska & Kopij, 2007**). Les mêmes suppositions peuvent être émises quand à la différence de densité en milieu rural dans notre région par rapport en Europe. En effet, ceci peut être dû entre autre au type de matériaux utilisés pour la construction des étables qui est plus rudimentaire dans notre région et qui ne permet pas aux Hirondelles de construire des nids qui adhèrent bien aux structures.

Les traits d'histoire de vie des populations d'Hirondelles de cheminée (*Hirundo rustica rustica*) qui nichent dans notre région sont en beaucoup de points similaires à ceux de leurs homologues qui nichent en Europe (**McGinn & Clark, 1978 ; Hemery et al., 1979 ; Ribaut, 1983 ; Møller, 1984 ; Cramp, 1988 ; Loske, 1989 ; Møller, 1994 ; Soler et al.,**

1998 ; Bańbura & Zieliński, 2000) et en Asie (Al-Rawy et Georg, 1966). En effet, le déclenchement de la reproduction est étroitement lié à la latitude (Cramp, 1988 ; Møller, 1984) ; dans notre région elle commence vers la fin mars (Tab. 12), tout comme au Sud de l'Espagne. En Pologne et en Allemagne, le début de la ponte se fait au mois de mai, à la mi mai en Grande Bretagne et la fin mai en Scandinavie (Møller 1984, Cramp 1988, Loske 1989, Bańbura et Zieliński 1998, Soler et al. 1998). (Tab. 43)

*Tableau 43. Date de ponte du premier œuf pour la première et seconde ponte dans différentes parties de l'aire de nidification de l'Hirondelle de cheminée.*

Pays	Date de ponte du 1 <sup>er</sup> œuf		Source
	Première ponte	Seconde ponte	
<b>Bagdad (Irak)</b>	03 mars	24 avril	<b>Al Rawy &amp; Georg, (1966)</b>
<b>Badajoz (Espagne)</b>	29 mars	/	<b>Soler et al., (1998)</b>
<b>Sud de l'Angleterre</b>	Fin avril	/	<b>Tate, (1986)</b>
<b>Alsace (France)</b>	17 mai	/	<b>Ribault, (1983)</b>
<b>Westphalia (Allemagne)</b>	14 mai	14 juillet	<b>Loske, (1989)</b>
<b>Kraghede (Danemark)</b>	05 juin	20 juillet	<b>Møller, (1994)</b>
<b>Goslub (Pologne)</b>	13 mai	08 juillet	<b>Bańbura &amp; Zieliński, (2000)</b>
<b>Bratislava (Slovaquie)</b>	29 avril	31 mai	<b>Országhová et al., (2005)</b>
<b>Annaba (Algérie) :</b>	[29 mars – 8 avril]	[4 juin – 15 juin]	<b>Présente étude</b>

La période de ponte dépend de l'abondance trophique qui constitue un facteur ultime et proximal conditionnant le nombre de pontes. C'est le cas des Mésanges bleue (*Cyanistes caeruleus*) et charbonnière (*Parus major*) qui nourrissent leur pulli essentiellement de

chenilles et qui de ce fait réalisent une ponte unique (**Bañbura et al., 1994 ; Lambrecht et al., 1997**). Par contre, le régime alimentaire des pulli d'Hirondelles présente une grande variabilité en fonction de l'habitat et de la saison ; ce qui leur permet d'entamer une seconde ponte (**Karg, 1980 ; Bañbura & Zieliński, 1995**). Ceci va engendrer une période de ponte longue qui s'étale du mois de mars jusqu'en août. Cette période commence en Espagne méridionale et à l'Ouest de l'Afrique du Nord en mars avec la ponte du premier œuf. En revanche, elle est retardée dans le cas des populations d'Europe du Nord (**Cramp, 1994**). Dans notre région, la période de ponte est en moyenne de 84 jours et elle s'étale de la fin mars jusqu'à la mi juin.

La taille de ponte chez les Hirondelles a tendance à augmenter avec la latitude surtout pour la seconde ponte et moins avec la longitude (**Boyd, 1935 ; Boyd, 1936 ; Lack, 1954 ; Klomp, 1970 ; Møller, 1984**). Les grandeurs de pontes sont plus importantes dans les latitudes nordiques, de ce fait le temps disponible pour alimenter les jeunes est plus important comparé à celui requis pour les populations méridionales (**Lack, 1947**). Pourtant la reproduction commence beaucoup plus tard dans les latitudes nordiques du fait des températures encore basses par rapport aux latitudes méridionales (**Turner, 1980 ; Møller, 1984**). Or, dans notre région où la latitude est basse, les résultats montrent une grandeur de ponte élevée pour la première ponte (tout comme son homologue européenne). En revanche, pour la seconde ponte, nos résultats sont similaires à ceux observés dans plusieurs régions d'étude, mais nous ne pouvons affirmer ou contredire cette supposition du fait de l'absence de données détaillées sur d'autres parties de l'aire de nidification de l'espèce.

La grandeur de ponte est ajustée au nombre de poussins que les parents peuvent élever (**Lack, 1966**). Pour cela, les oiseaux doivent adapter la grandeur de ponte à la quantité de ressources disponibles, soit en résistant physiologiquement au manque de nourriture ou bien en réduisant leur taille de ponte (**Koskimies, 1948 ; O'connor, 1978**). De surcroît, les oiseaux ont la faculté de résorption d'un certain nombre de follicules, qui va leur permettre d'ajuster la taille de la couvée aux conditions environnementales tels que l'abondance de nourriture (**Meijer et al., 1990**). De nombreux travaux effectués stipulent l'existence d'un déclin de la grandeur de ponte au cours de la saison de reproduction (**Boyd, 1936 ; Adams, 1957 ; Lohl & Gustscher, 1973 ; Møller, 1974 ; Hémerly et al., 1975 ; McGinn et Clark,**

1978 ; McGinn, 1979 ; Hémerly *et al.*, 1979 ; Kondelka, 1985 ; Loske, 1989 ; Campbell *et al.*, 1997 ; Bańbura & Zieliński, 1998 ; Brown *et Brown*, 1999a). Ceci peut être du à la disponibilité en ressources alimentaires du milieu, car dès la mi-juin la longueur du jour diminue (McGinn *et Clark*, 1978), de ce fait le temps d'alimentation diminue au cours de la saison de reproduction. Ce qui expliquerait les grandeurs de pontes réduites observées en fin de saison (McGinn, 1979). Durant cette étude nous avons observés les mêmes tendances, puisque la grandeur de ponte diminue au cours de la saison (Sakraoui *et al.*, 2005). (Tab. 44)

La diminution de la grandeur de ponte durant la saison de reproduction peut également être liée à l'âge des adultes. Par exemple, en Europe, les Hirondelles de cheminées mâles d'au moins cinq ans (considérés comme des oiseaux âgés) se reproduisent habituellement avec des femelles qui ont produit des nichées plus importantes que celles des conjoints de mâles plus jeunes (Møller *et al.*, 2005). Cette théorie reste à vérifier dans notre région d'étude.

La grandeur de ponte semble être plus élevée en début de saison (Adams, 1957 ; McGinn & Clark, 1978 ; McGinn, 1979). Cette tendance est également observée pour les faibles grandeurs de ponte (3-4 œufs) en fin de saison. Nos résultats montrent également que les premières pontes sont constituées de 5 à 6 et même 7 œufs (2004) et que les secondes pontes sont plus faibles (3 et 4 œufs).

**Tableau 44.** Grandeurs de pontes moyennes de différentes études.

Sites d'étude	1 <sup>ère</sup> pont	2 <sup>ème</sup> pont	Références
<b><u>Irak</u></b> Bagdad (33°N, 9°E)	4.93±0.83	4.07±0.70	<b>Al-Rawy et Georg, (1966)</b>
<b><u>France</u></b> Seine et Marne (49°N, 3°E) Ortois (49°N, 2°E) Alsace France (synthèse) Ardennes (50°N, 5°E)	4.95±0.94 4.57 4.94 4.64 4.59	4.00±0.74 4.30 4.28 4.15 4.29	<b>Anon, (1971)</b> <b>Jarry, (1980)</b> <b>Ribaut, (1982)</b> <b>Hemery et al., (1979)</b> <b>Anon, (1971)</b>
<b><u>Pologne</u></b> Leszno (52°N, 17°E) Goslub (52°N, 19°E) Wroclaw	4.83±0.72 4.86 ± 1.02 4.80	4.06±0.66 4.47 ± 0.75 4.73	<b>Kuzniak, (1967)</b> <b>Bañbura et Zieliński, (2000)</b> <b>Nizynska-Bubel &amp; Kopij, (2007)</b>
<b><u>Ecosse</u></b> Hawick (55°N, 3°W) Banffshire (58°N, 3°W) Stirling (56°N, 4°W)	4.89±0.75 4.57 4.70 ± 0.66	4.50±0.45 4.29 4.69 ± 0.55	<b>McGinn &amp; Clark, (1978)</b> <b>McGinn, (1979)</b> <b>Turner, (1980)</b>
<b><u>Danemark</u></b> Kraghede (57°N, 10°E)	4.76±0.71	4.26±0.69	<b>Møller, (1982)</b>
<b><u>Finlande</u></b> Oulu (65°N, 25°E)	5.08 ± 0.82	4.75 ± 0.5	<b>Alatalo, (1976)</b>
<b><u>Norvège</u></b> Hjorkoer (55°N, 8°E)	4.71 ± 1.16	4.15 ± 0.94	<b>Thellesen, (1976)</b>
<b><u>Allemagne</u></b> Kempen (51°N, 11°E) Ilverich (51°N, 11°E) Anraff (51°N, 9°E) Leverkusen (51°N, 7°E) Westphalia	4.81 ± 0.57 4.57 ± 0.98 4.84 ± 0.63 4.49 ± 0.94 4.59 ± 0.8	4.33 ± 0.59 4.29 ± 0.78 4.32 ± 0.72 4.04 ± 0.88 4.36 ± 0.8	<b>Beser, (1968)</b> <b>Beser, (1974)</b> <b>Meier, (1978)</b> <b>Brombach, (1977)</b> <b>Loske, (1989)</b>
<b><u>Slovaquie:</u></b> Bratislava	4.9 ± 0.94	4.1 ± 0.14	<b>Országhová et al., (2005)</b>
<b><u>Algérie</u></b> Annaba (36.8°N, 7.8°E)	[4.60 – 5.69]	[3.18 – 4.54]	<b>Présente étude</b>

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. Ainsi l'éclosion s'effectue dans un intervalle qui peut aller jusqu'à trois jours (**Adams 1957, Kuzniak 1967, Georg et Al-Rawy 1970, McGinn et Clark 1978, Ribaut 1982, Møller 1994**). Nos résultats montrent également l'existence d'un asynchronisme dans les éclosions, en particulier pour les secondes pontes. (Tab. 45)

*Tableau 45. Durée de l'incubation et nombre d'œufs éclos pour différentes populations d'Hirondelle de cheminée réparties dans plusieurs régions.*

Pays	Durée de l'incubation	Nombre d'œufs éclos		Auteurs
		1 <sup>ère</sup> ponte	2 <sup>nde</sup> ponte	
<b>Bagdad (Irak)</b>	14 jours	3.95	3.11	<b>Al-Rawy et al.,(1966)</b>
<b>Alsace (France)</b>	15 ± 2 jours	/	/	<b>Ribaut (1983)</b>
<b>(France)</b>	14 jours	4.13	3.87	<b>Bañbura et al.,(1998)</b>
<b>Kraghede (Danemark)</b>	15 jours	/	4.14	<b>Møller (1994)</b>
<b>Bratislava (Slovaquie)</b>	15 jours	/	/	<b>Országhová et al., (2005)</b>
<b>Annaba (Algérie)</b>	[14 – 15] jours	[4.4 - 4.6]	[2.45 - 4.38]	<b>Présente étude</b>

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, s'assurer un succès reproducteur lorsque le milieu devient défavorable (**Lack, 1954 ; Lack, 1947 ; Magrath, 1989 ; Amundsen & 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 né est souvent sacrifié dès les premiers jours de son existence, surtout lorsque les conditions météorologiques sont défavorables (**Ribaut, 1983**). Durant notre étude, l'asynchronisme des éclosions a été observé durant la seconde ponte de l'espèce. Cependant, cet asynchronisme touche les nichées qui effectuent leur seconde ponte tardivement dans la saison.

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 des corrélations positives et significatives entre la grandeur de ponte et le nombre d'œufs éclos et entre la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol. Cependant, la présence de signification est variable selon les années et entre les deux pontes. Ceci peut être dû à des facteurs exogènes comme des changements climatiques, mais également la prédation et le vandalisme qui peuvent causer l'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. Le nombre d'œufs éclos dans notre région pendant la première ponte est plus important (Tab. 14) que celui observé dans d'autres régions de l'aire de nidification (Irak, Danemark) (**Al-Rawy & Georg, 1966 ; Hemery et al., 1979 ; Bańbura & Zieliński, 2000**), mais il est relativement faible pour la seconde ponte.

Le nombre de jeunes à l'envol présente des variations significatives entre les deux pontes durant les saisons d'étude. Les valeurs observées pour la première ponte sont similaires à celles obtenues par **Al-Rawy & Georg (1966)**, **Hémery et al., (1979)**, **Jarry (1980)** et **Bańbura et al., (1998)**. Pour la seconde ponte, elles sont relativement basses durant certaines années par rapport aux valeurs obtenues dans la majorité des régions d'études. Ces variations annuelles dans le nombre de jeunes à l'envol ne semblent pas être dues au type d'habitat comme rapporté dans plusieurs études (**Lorek, 1992 ; Nitecki, 1992, Abramciow, 1997, Kopij, 1997 ; Nizynska & Kopij, 2007**), mais dépendre surtout des conditions météorologiques qui règnent au moment de l'élevage des jeunes (**Nitecki, 1964 ; Nizynska & Kopij, 2007**). Le succès à la reproduction et à l'envol (Tab. 16) sont dans plusieurs études

systématiquement plus élevés pour la seconde ponte (**Jarry 1980, Ribaut, 1983**), car les conditions climatiques sont plus favorables en juillet et août (**Ribaut 1983**). Durant notre étude, nous constatons que les deux paramètres ne présentent pas de différences significatives entre les deux pontes. C'est seulement durant l'année 2003 que cette différence est très hautement significative. Ceci est dû à la canicule observée durant le mois de juillet de cette année, qui a causée une mortalité massive dans les nichées de seconde ponte précoces.

Les Hirondelles de cheminée sont des insectivores qui se nourrissent au vol, presque exclusivement d'insectes volants (**Beal, 1918**). C'est la disparition des proies en hiver qui pousse ces insectivores à migrer vers des zones plus chaudes et plus abondantes en nourriture (**Manco et al., 2010**). Elles se nourrissent individuellement ou en petits groupes au dessus des terres ouvertes et des eaux libres (**Savignac, 2011**). Elles s'alimentent à des hauteurs inférieures à celles de la plupart des autres espèces d'Hirondelles, qui ne dépasse pas les 10 m au dessus du sol et souvent en deçà de 1 m (**Brown et Brown, 1999a**). Durant les périodes de froid, les Hirondelles de cheminée concentrent leur quête de nourriture juste au dessus de la surface des étangs et des lacs, là où les températures de l'eau plus chaudes permettent aux insectes de rester actifs (**Brown et Brown, 1999a**). Afin d'avoir le plus de chance possible de collecter des proies, l'Hirondelle de cheminée peut chasser jusqu'à 400 à 500 mètres aux alentours de son nid (**Møller, 1987 ; Ambrosini et al., 2002**). Car pendant la période de nidification, les oiseaux ont un besoin accru en nourriture en raison de l'élevage des poussins. Le nombre d'insectes consommés pendant cette période est très important (une nichée nécessite environ 120000 mouches). Ce qui classe cet insectivore parmi les espèces qui ont une grande importance écologique de par leur régulation du nombre d'insectes nuisibles ou dérangeants, qui font partie intégrante de leur régime alimentaire. Ils ont également une certaine valeur économique en évitant la pullulation d'insectes nuisibles (**Manco et al., 2010**).

Cependant, depuis quelques décennies, on assiste à une diminution significative du nombre d'Hirondelles de cheminée dans une grande partie de l'Europe et d'Amérique du Nord (**BirdLife International, 2004**) tout comme plusieurs espèces d'oiseaux des champs (**Siriwardena et al., 1998; Donald et al., 2006**). Plusieurs suppositions ont été émises sur ce sujet. Il y'a tout d'abord celle liée aux conditions durant le trajet migratoire, dans les lieux de reproduction ainsi que dans les lieux d'hivernage (**Baillie et Peach, 1992 ; Robinson et al.,**

**2003**). La perte de l'habitat de nidification (En Amérique du Nord) du fait du remplacement des structures des anciennes fermes en bois par des immeubles modernes dépourvus d'accès faciles à des sites de nidification (**Erskine, 1992 ; Campbell et al., 1997 ; Brown et Brown, 1999a ; Cadman et al., 2007**). En plus, le remplacement dans certaines granges du toit en bois par ceux en métal, augmente la mortalité dans les nichées de par l'augmentation de la température à l'intérieur (**Tate, 1986**). Une autre cause du déclin des populations est celle liée à la perte d'aires d'alimentations en raison d'une diminution des milieux ouverts, comme les prairies et les terres agricoles (**Cadman et al., 2007**), mais également par l'intensification de l'agriculture et l'utilisation de pesticides qui réduisent le nombre d'invertébrés (**Cramp, 1998 ; Donald, 1998 ; Vickery et al., 2001 ; Benton et al., 2002 ; Conrad et al., 2006 ; Kragten et al., 2006 ; Nebel et al., 2010**) et le récent développement génétique de cultures en rang (OGM) résistantes aux insectes (**McCracken, 2008 ; Nebel et al., 2010**). Plusieurs études en Europe ont mis en évidence l'existence d'un lien étroit entre le maintien des activités agricoles associés à des animaux d'élevage (surtout le bétail) et la présence de grandes colonies d'Hirondelles de cheminée (**Møller, 2001 ; Ambrosini et al., 2002a ; 2002b ; Evans et al., 2007**). La disparition des bovins des pâturages, entraînerait également un déclin des invertébrés aériens, dont le nombre est deux fois plus élevé dans les pâturages que dans les champs de céréales et les lieux d'entreposage des produits d'ensilage (**Ambrosini et al., 2002a ; 2002b ; Evans et al., 2007 ; Kragten et al., 2009**). Toutes ces suppositions vont engendrer une réduction de la disponibilité alimentaire durant la période de reproduction, qui pourrait avoir un impact négatif sur le succès reproducteur chez les insectivores (**Brickle et al., 2000 ; Morris et al., 2005 ; Hart et al., 2006 ; Kragten et al., 2006**) et entraîner même la disparition totale de l'espèce de certaines zones locales (**Møller, 2001a ; Ambrosini et al., 2002a ; 2002b ; Evans et al., 2007**). Dans notre site d'étude, on assiste ces dernières années à une diminution significative du nombre d'Hirondelles de cheminée. Cette diminution pourrait être due à la perte des terres agricoles qui entourent ce site. En effet, et depuis l'année 2004, nous assistons dans cette zone et aux alentours à une extension fulgurante de l'habitat urbain, où les terres agricoles qui servaient de réservoir alimentaire pour les Hirondelles ont disparues et on fait place à de nouvelles constructions d'extension de la ville d'Annaba.

Le régime alimentaire de l'Hirondelle de cheminée varie en fonction de la période de l'année (Turner, 2006). Il dépend fortement de la progression de la saison de reproduction, des conditions météorologiques locales et des ressources alimentaires disponibles (Schulze-Hagen, 1970, Turner, 1982 ; Turner, 2006). Il varie même en fonction des conditions climatiques journalières (beau où mauvais temps) (Waugh, 1978 ; Egger, 2000 ; Turner, 2006). Dans notre région, qui se situe à la limite sud de l'aire de reproduction de l'espèce, les conditions climatiques jouent un rôle clés dans le déroulement de la reproduction de part la présence des ressources alimentaires. Malheureusement, certaines de ces conditions peuvent devenir limitantes et poser des contraintes d'ordre trophique (ressources moins abondantes mais plus diversifiées que dans les régions tempérées) et climatiques (augmentation de la température durant la période estivale menant des fois vers des sécheresses) qui peuvent poser des problèmes d'ordre physiologiques pour ces oiseaux et leur progéniture durant la période de reproduction (élevage des jeunes). Car, la qualité et la quantité de jeunes produits dépend directement de la capacité des parents à alimenter leur progéniture, ceci dépend également de la qualité des adultes eux-mêmes mais aussi de la disponibilité de ressources trophiques dans le milieu durant la période d'élevage des jeunes (Van Balen, 1973 ; Dias et Blondel, 1996 ; Blondel et al., 2006).

Dans notre région, le régime alimentaire de l'Hirondelle de cheminée est constitué essentiellement de Diptères (38%) et d' Hyménoptères (35%), s' en suivent les Coléoptères (11%), les hémiptères (8%), les Orthoptères (5%) et les Odonates (3%). Cependant, Ce régime varie entre la première et la seconde ponte. En effet, durant la première ponte, le régime alimentaire est constitué de Diptères et d' Hyménoptères en majorité, suivi avec de faibles valeurs par les Orthoptères et les Odonates. Les deux autres ordres cités ci-dessus, ne font pas partie du régime alimentaire en première ponte. Par contre, en seconde ponte, le régime alimentaire des pulli compte non seulement tous les ordres que l' on retrouve dans le régime en première ponte, mais également les Coléoptères et les hémiptères. Cependant, ce sont toujours les Hyménoptères et les Diptères qui sont les plus consommés. Dans les autres régions de l' aire de nidification de l' espèce, le régime alimentaire des populations d' Hirondelles de cheminée est assez variable. En général, ce sont les Diptères qui constituent le composant principal de ce régime (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985 ;

**Cramp, 1998 ; Brown et Brown, 1999a ; Turner, 2006**). Des études montrent même que le régime alimentaire peut varier entre les adultes et les poussins (**Turner, 2006**). Chez les adultes, le régime est composé surtout de Coléoptères, d' Hyménoptères et de Diptères (Tab. ) (**Turner, 2006**), mais la quantité de Diptères a tendance à diminuer fortement vers la fin de la saison de reproduction (1,9 % du régime en fin d' été) (**Glowacki, 1977**) . En Amérique du Nord, les Diptères constituent 82 % de l' alimentation au mois de mars et seulement 18 % en septembre (Beal, 1918). En Ecosse, les Diptères sont consommés majoritairement surtout au début de la saison de reproduction , pendant la ponte et l' incubation des œufs (**Turner, 1982b, Turner, 2006**). Les Hirondelles de cheminée adultes consomment également des morceaux de coquilles d' œufs et de mollusques, qui peuvent les aider à digérer mais également être une source de calcium surtout pour les femelles en période de ponte (**Merril, 1976 ; Dhont & Hochachka, 2001 ; Oliver, 2002**). Elles ingèrent également des petites quantités de végétaux ou de fruits (baies), qui semblent constituer d' après certains auteurs un dernier recours en cas de manque d' alimentation dans le milieu (**Von Viettinghoff-Riesch, 1955 ; Turner, 2006**).

Chez les oisillons de l' Hirondelle de cheminée ce sont les Diptères qui constituent la partie la plus importante du régime alimentaire pour les deux pontes (**Turner, 2006**). En effet, le pourcentage de ces dernières est de 43 % en Allemagne et 73 % en Ecosse (Schulze-Hagen, 1970 (*in Turner, 2006*). En Sibérie orientale, il est de 87 % (Dragunkina, 1986 (*in Turner, 2006*)). Par contre, dans une étude réalisée en Pologne, ce sont les Coléoptères qui constituent les proies les plus consommées (56.1%), les Diptères (16.1%) n'arrivent qu'en troisième position après les Hyménoptères (24.1%) et en dernier les Hémiptères (3.3%) (**Orłowski & Karg, 2011**) (Tab. 46). Le pourcentage élevé de coléoptères dans l'alimentation des oisillons, résulterait probablement, selon les auteurs de l'implantation des nids dans des fermes traditionnelles extensives dont la gestion est fondée sur les règles de l'agriculture biologiques, où les engrais utilisés sont d'origine organique (fumier), favorisant ainsi le foisonnement de coléoptères (**Orłowski & Karg, 2011**). Une autre cause possible du pourcentage élevé de Coléoptères est dans la méthode d'échantillonnage. En effet, des études ont montrés que

l'utilisation de la technique coprométrique mettait plus en évidence la présence de Coléoptères (**Turner, 1982**) par rapport à la technique d'analyse des contenus stomacaux (**Cramp, 1998 ; Schulze-Hagen, 1970 (in Turner, 2006) ; Kozena, 1980 ; Møller, 2001**) ou celle de la pose des colliers (Présente étude). Ces différences sont dues à des imperfections méthodologiques liées au processus de digestion des pièces de chitine des différents groupes de proies (**Tryjanowski et al., 2003a ; Tryjanowski et al., 2003b ; Ahnström et al., 2008**). Certaines parties du Coléoptère comme la cuticule, les élytres et les mandibules sont indigestes et par conséquent se retrouvent dans les fientes, tout comme certaines parties d'Hyménoptères (**Bryant, 1973 ; Turner, 1982**). Cependant, certains travaux indiquent que cette différence ne dépasse pas les 2% (**Poulsen & Aebischer, 1995**).

Dans le régime alimentaire de l'Hirondelle de cheminée nous retrouvons également des Lépidoptères, des Ephéméroptères, des Odonates, des Plécoptères, des Neuroptères, des Trichoptères, des Dermaptères, et des Aranéides (**Cramp, 1988**). Dans notre étude, certains ordres cités ci-dessus ne font pas parties du régime alimentaire des oisillons. Par contre, nous retrouvons dans nos résultats les Orthoptères qui ne semblent pas être consommés dans certaines régions d'Europe. Ceci peut être dû aux caractéristiques du climat méditerranéen plus chaud et plus humide, qui favorise la présence d'Orthoptères dans le milieu. Le régime alimentaire dépend du type de proies disponible dans le milieu (à l'échelle locale), mais également de la quantité de ces derniers (**Turner, 2006**). En effet, certaines proies considérées comme rares dans le régime alimentaire de l'espèce montrent une forte augmentation dans certains milieux. Par exemple, en Ecosse les parents dont le nid se trouvait à côté d'une rivière ont chassés et nourris leurs pulli de beaucoup d'Ephéméroptères habituellement occasionnels dans le régime alimentaire de l'Hirondelle de cheminée (**Turner, 2006**). De même pour des Rhopalocères retrouvés dans le régime et qui ont été chassés par les parents à la tombée de la nuit à côté de sources lumineuses (**Turner, 2006**).

**Tableau 46.** Composition du régime alimentaire des adultes et des pulli de l' *Hirondelle de cheminée* durant la période de reproduction (exprimée en pourcentages) (in Turner, 2006. Amélioré)

Pays	Coléoptères	Hyménoptères	Diptères	Auteurs
<b><u>Adultes :</u></b>				
<b>Pologne</b>	14,4	78	1,9	<b>Glowacki, (1977)</b>
<b>Russie</b>	39,8	42,8	12,8	<b>Kostin, (1983)</b>
<b>Ecosse</b>	26,1	1	69,1	<b>Turner, (1982b)</b>
<b><u>Oisillons :</u></b>				
<b>Pologne</b>	56,1	24,1	16,1	<b>Orlowski &amp; Karg, (2011)</b>
<b>Ecosse</b>	/	/	73	<b>Schulze-Hagen, (1970)</b>
<b>Allemagne</b>	/	/	43	<b>Schulze-Hagen, (1970)</b>
<b>Sibérie orientale</b>	/	/	87	<b>Dragunkina, (1986)</b>
<b>Algérie</b>	11	35	38	<b>Présente étude</b>

Le fait que notre étude soit réalisée en milieu urbain peut expliquer l'absence de certains ordres (dûe à l'absence de rivières, et de milieux forestiers où ouverts, ...etc.) retrouvés pourtant dans le régime alimentaire des oisillons dans certaines régions d'Europe. Par contre, la présence durant toute la saison de reproduction de Diptères (même si le pourcentage diminue durant la seconde ponte) peut être expliquée par le foisonnement d'ordures ménagères (surtout durant la saison estivale), et la présence d'eau dans les caves des immeubles qui favorisent l'installation de plusieurs espèces de Diptères et ceci durant toute la période d'élevage des jeunes. Pendant la seconde ponte, nous assistons à l'apparition dans le régime alimentaire des pulli de Coléoptères et d'Hémiptères. Ceci indique que les Hirondelles adultes, qui sont des espèces spécialistes, se rabattent pour ne pas perdre trop d'énergie durant cette période plus difficile (plus chaude et plus sèche), sur des proies de substitution, plus accessibles et plus faciles à chasser par rapport aux Diptères ou aux Hyménoptères (Waught, 1978 ; Turner, 2006 ; Orlowski & Karg, 2011). Ce genre de comportement permet à

l'animal de faire face aux changements des conditions environnementales au fil de la saison de reproduction, et d'assurer un bon succès reproducteur surtout durant la seconde ponte.

Pour nourrir leur progéniture, les Hironnelles de cheminées doivent fournir un effort colossal de collecte des insectes. Ces derniers sont chassés et stockés (bol alimentaire) au niveau de la gorge des adultes avant de revenir au nid (**Turner, 2006**). La quantité de proies peut être très variable, variant d'une proie à une centaine dans un seul bol alimentaire (**Turner, 1980 ; Turner, 2006**). Ce taux de nourrissage par les parents a une importance capitale dans la compréhension des traits d'histoire de vie et du comportement de l'espèce. Il dépend du nombre de visites effectuées au nid et de la quantité de nourriture donnée à chaque visite par les parents (**Royama, 1966 ; Brown & Brown, 1999**). Durant notre étude, les fréquences de nourrissages augmentent en général avec l'âge jusqu'à atteindre un maximum à l'âge de 9 jours, il s'en suit une diminution de la fréquence jusqu'à l'âge de 12 jours et une légère augmentation de la fréquence à 15 jours juste avant l'envol. Cette constatation concerne les secondes pontes, surtout dans celles où il y a un asynchronisme des éclosions. Nos résultats sont différents de ceux de **Gareth, (1986)** qui a observé un maximum de fréquences de nourrissages à l'âge de 13 jours.

Le taux de nourrissage peut varier en fonction des conditions climatiques (**Bryant, 1975b ; Keller & Van Noordwijk, 1994**), des modifications de l'habitat (**Richner, 1989**) et de la compétition entre oisillons de la même nichée (**Magrath, 1990 ; Ricklefs, 1993**). Nos résultats montrent des variations annuelles qui peuvent résulter de changements des conditions météorologiques. En effet, durant l'année 2003, nous avons enregistré des fréquences de nourrissage plus importantes pour les secondes pontes, alors qu'en général c'est le contraire qui est observé. Cet effet peut être dû au décalage de la seconde ponte durant cette saison d'étude. Pendant l'année 2003, nous avons observé une importante augmentation de la température durant le mois de juillet (canicule), qui a engendré un décalage des dates des secondes pontes. De ce fait, l'élevage des jeunes s'est fait surtout durant le mois d'août qui était caractérisé par des conditions météorologiques plus clémentes. Une autre hypothèse réside dans la qualité des proies. Les adultes ont peut être effectués plus de fréquences de nourrissage mais en ramenant des proies plus petites et moins riches, ce qui va engendrer une

augmentation de la fréquence pour pouvoir bien nourrir les nichées. Ce genre de comportement a été observé durant la seconde ponte dans certaines régions de l'aire de nidification de l'espèce (Turner, 2006 ; Gruebler & Naef-Daenzer, 2008). Ces variations semblent constituer un facteur limitant pour la croissance et le développement des poussins (Henrich & Richner, 1998 ; Schew & Ricklefs, 1998), en influençant la disponibilité alimentaire. En général, les adultes vont nourrir leurs pulli en fonction de leurs besoins (Hamer et al., 1998 ; Tveraa et al., 1998). Ce genre de comportement existe chez plusieurs espèces, d'ailleurs les mêmes tendances ont été observées dans des études sur le comportement alimentaire de l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbica*) dans notre région (Lahlah, 2011). Nos résultats réfutent cette hypothèse du fait de l'absence de relations entre les fréquences de nourrissages et le nombre de pulli présents dans les nids. Des résultats similaires ont été observés chez d'autres espèces comme l'Hirondelle de rivage, où le taux de nourrissage ne varie pas avec le nombre de jeunes au nid (Mc Carty, 2001).

Les déplacements effectués par les adultes aux nids ne servent pas seulement à l'alimentation des poussins. Les parents, doivent impérativement prodiguer des soins et veiller à la sanitation des jeunes en les débarrassant des fientes mais surtout des ectoparasites qui se trouvent dans le nid et sur les pulli, et susceptibles d'avoir un impact sur le succès reproducteur et les chances de survie ultérieures des oisillons (Perrins, 1965). Les oiseaux sont l'hôte d'une multitude de parasites, ils sont considérés comme d'excellent modèles pour la compréhension de l'influence des parasites sur leur condition physique (Crompton, 1997). Plusieurs études ont été réalisées sur ce sujet et ceci dans le but de comprendre les interactions hôtes parasites et les facteurs clés qui gouvernent l'histoire de vie des populations hôtes (Brown & Brown, 1986; Møller, 1990; Richner & Heeb, 1995; Møller, 1997). Dans une interaction hôte-parasite, nous pouvons distinguer au moins deux étapes (Combes, 2001). Tout d'abord, les parasites doivent être en contact avec les hôtes, et deuxièmement, ils doivent être en mesure de les exploiter. En ce qui concerne la première étape, le fait que les oisillons soient contraints au nid pendant une période de temps relativement longue, implique qu'ils auront des difficultés à éviter les parasites une fois que ceux-ci atteindront le nid. A ce stade, les capacités des oisillons à éviter l'infection parasitaire repose sur l'aptitude des parents à construire un nid hors de la portée des parasites ou bien de réduire leur nombre. Une fois que

les parasites atteignent les oisillons, la seule possibilité est de combattre leurs effets (**Merino, 2010**). Ces derniers touchent particulièrement à la condition physique des oiseaux, car les ectoparasites sont susceptibles d'affecter non seulement la croissance de la nichée, mais aussi sa santé et sa survie (**Oppliger et al., 1994; Darolova & al., 1997; Pacejka et al., 1998**). Ils peuvent également avoir un effet sur les comportements parentaux lors de la période d'élevage des jeunes (**Moss & Camin, 1970; Johnson & Albrecht, 1993; Tripet & Richner, 1997 ; Stoehr et al., 2000 ; Merino, 2010**).

Chez les oiseaux coloniaux ou semi coloniaux (comme l'Hirondelle de cheminée), fidèles en majorité à leurs sites de nidification, la réutilisation des nids par les adultes peut avoir des coûts importants en raison de la présence d'ectoparasites (**Møller & Erritzøe, 1996 ; Tomás et al., 2007 ; Merino, 2010**). Ceci va obliger les adultes à chercher de nouveaux endroits pour nicher quand le nombre d'ectoparasites augmente considérablement (**Loye & Carroll, 1998 ; Merino & Potti, 1995**). Par exemple, chez une espèce d'Hirondelle des falaises (*Hirundo pyrrhonota*) les individus voulant nicher vont éviter les colonies ayant un nombre élevé d'ectoparasites tels que les puces et les tiques (**Emlen, 1985 ; Chapman et al., 1991**). Le même cas a été retrouvé chez l'Hirondelle de cheminée dont les nids sont infestés par des acariens (**Møller, 1987 ; Barclay, 1988 ; Møller et al., 2001a**). Une infestation par ces derniers peut entraîner une baisse du succès reproducteur et avoir un effet sur le comportement des hôtes (**Norris, 1991; Oppliger et al., 1994; Weddle, 2000**). Les effets peuvent être directes ou indirectes, les premiers sont liés à d'importantes pertes de sang (**Szép et Møller, 2000**); qui vont engendrer indirectement des irritations et des blessures locales et endommager des tissus et mener au transfert de toxines ou de pathogènes aux oiseaux par la salive de l'acarien (**Walter & Proctor, 1999; Wikel et al., 2001**). Les irritations mécaniques et les réactions immunitaires locales peuvent irriter l'oiseau à un degré tel, qu'il compromet sa capacité à s'alimenter et à éviter les prédateurs (**Walter & Proctor, 1999**).

La réaction des adultes face à une infestation des nids par les ectoparasites dépend d'une espèce à une autre. Ce qui est sûr, c'est que les nids où l'effort parental est faible sont plus susceptibles d'être parasités (**Merino, 2010**). En effet, les oiseaux adultes peuvent réduire

les effets des ectoparasites des nids (acariens) en augmentant leurs investissement parental (**Johnson & Albrecht, 1993**), mais cela se fait jusqu'à une certaine limite (**Merino et al., 1998 ; Banbura et al., 2004**) qui une fois dépassée amène les oisillons à subir les effets néfastes des parasites (**Moreno et al., 1999**), qui peuvent mener des fois à la mort des oisillons de la nichée ou à l'abandon du nid (hyper infesté) par les adultes (**Banbura et al., 2004 ; Merino et al., 2000 ; Bukacinski & Bukacinski, 2000**). La taille des couvées peut être également une source d'abondance des ectoparasites. Ces derniers peuvent être attirés par les nids (**Saino et al., 2002 ; Martinez-de la Puente et al., 2009**) et les infester en fonction du nombre d'oisillons, car un grand nombre d'oisillons au nid peut prendre en charge plus de parasites (**Burt et al., 1991**), bien que le nombre de parasites par oisillon ne peut pas varier considérablement. Toutefois, dans certains cas, le nombre d'ectoparasites peut atteindre très rapidement (si les conditions locales le permettent) des centaines de milliers d'individus dans une seule nichée, rendant les conditions de vie des oisillons très difficiles (**Powlesland, 1977; Møller, 1990; Berggren, 2005**). Certaines espèces d'oiseaux ont développées d'autres stratégies pour réduire l'effet des infections sur leurs couvées (**Merino, 2010**). Par exemple, les travaux de **Christe et al., (1998)** montrent que dans les nids hyper parasités, le dernier éclos (dans les cas d'asynchronisme des éclosions) est toujours sacrifié aux parasites pour sauver le reste de la nichée. Toutefois, d'autres études montrent que les parasites préfèrent se nourrir des oisillons les plus grands et non des plus petits (**Saino et al., 2001 ; Valera et al., 2004**). Durant notre étude, nous n'avons pas observés de corrélations entre la charge parasitaire et le nombre d'oisillons retrouvés dans le nid que ce soit pour la première où la seconde ponte. Par contre, dans toutes les nichées hyper parasitées (environ 1000 ectoparasites), nous avons constatés la mort de tous les pulli. Dans les nichées où nous avons observés un asynchronisme des éclosions (surtout durant la seconde ponte), la mortalité, même faible, du dernier éclos ne semble pas être induite par l'effet des ectoparasites, mais plutôt par la compétition entre les pulli de la même nichée. D'ailleurs, ce sont en général ces derniers qui en grandissant plus que le petit dernier finissent par le jeter en dehors du nid.

Dans les nids d'Hirondelles de cheminée de notre région, nous retrouvons plusieurs ordres taxonomiques d'ectoparasites. Il s'agit des Mites, des Poux et des Puces. Les Mites retrouvées sont représentées par la famille des *Macronyssidae*, les Poux par celle des *Menoponidae* et les Puces par la famille des *Ceratophyllidae*. Les espèces retrouvées sont pour les mites *Ornithonyssus bursa*, *Pellonyssus sp1* et *Pellonyssus sp2*. Pour les Poux, nous avons les espèces *Myrsidea rustica* et *Hirundoecus malleus*. Enfin, pour les puces, nous avons retrouvés une seule espèce qui est *Ceratophyllus hirundinis*. Les indices parasitaires calculés montrent que ce sont les Mites qui enregistrent les indices les plus importants, suivi par les Poux et les Puces. En Europe, c'est *Hirundoecus malleus* et *Myrsidea rustica* (Poux) que l'on retrouve le plus dans les nids, de ce fait, ils ont les indices parasitaires les plus importants (Møller, 1994). Les deux espèces de *Pellonyssus*, ont des indices parasitaires similaires dans notre région d'étude. Cependant, ils ne semblent pas être spécifiques à l'Hirondelle de cheminée dans les autres régions de l'aire de nidification de l'espèce ou ils ne sont pas retrouvés (Møller, 1994) (Tab. 47). Toutefois, durant notre étude, nous n'avons pas retrouvés *Stenopteryx hirundinis* qui est une grosse mouche parasite de 8 mm de long. Les mouches adultes sont des spécialistes de l'Hirondelle de cheminée et vivent entre les plumes des adultes et des pulli, où ils se nourrissent de sang. C'est une espèce généralement rare (Møller, 1994).

**Tableau 47.** Prévalence (%) et intensité des ectoparasites des nids de l'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica rustica*) au Danemark et en Algérie (Møller, 1994. Réactualisé)

	Danemark		Algérie	
	Prévalence	Intensité	Prévalence	Intensité
<i>Ornithonyssus bursa</i>	43	73	100	601,65
<i>Pellonyssus sp1</i>	/	/	69,77	51,07
<i>Pellonyssus sp2</i>	/	/	79,07	59,27
<i>Hirundoecus malleus</i>	84,3	82,9	39,53	3,24
<i>Myrsidea rustica</i>	78,1	15,6	79,07	5,79
<i>Ceratophyllus hirundinis</i>	1	1,7	4,65	1
<i>Stenopteryx hirundinis</i>	2,2	2,7	/	/

L'infestation par *Ornithonyssus bursa* touche plusieurs espèces d'oiseaux dans le monde (Walter & Proctor, 1999). Ces acariens vivent sur l'hôte et dans leurs nids, ce qui leur permet d'infester et de se nourrir des poussins dans les nids (Burt et al., 1991). En raison de leur cycle de vie, leur présence dépend du nombre des individus hôtes et des conditions environnementales (Darolová et al., 1997). Leurs effectifs sont corrélés positivement avec l'humidité ambiante (Walter & Proctor, 1999) et la densité des sites de reproduction (Poiani, 1992). Toutefois, l'impact négatif de ce parasite est variable d'une espèce à une autre (Møller, 1990 ; 1993). L'Hirondelles de cheminée est fréquemment infestée par des acariens hématophages, comme *Ornithonyssus bursa*, qui ont la capacité de réduire fortement diverses mesures du succès de la reproduction chez leurs hôtes (Møller, 2010). En ce qui concerne les deux autres espèces d'acariens *Pellonyssus sp1* et *Pellonyssus sp2*, présents dans notre site d'étude, des travaux sur le Moineau domestique (*Passer domesticus*) montrent que les oisillons qui atteignent l'âge de l'envol avec une masse corporelle significativement plus faible, et qui est due à l'impact de ces acariens, peuvent avoir moins de chance de survivre après l'envol (Weedle, 2000). Le genre *Pellonyssus* parasite dans un nid tous les oisillons sans exception même si ils sont de différents âges. Ce

manque de sélectivité est très avantageux pour ces acariens, compte tenu de leur cycle de vie court. Toutefois, s'il y avait une sélectivité par exemple du poussin le plus faible d'une couvée, sa mort pourrait réduire très rapidement le nombre de parasites (**Weedle, 2000**). **Richner & Heeb (1995)**, ont suggérés que les parasites avec des cycles de vie courts, tels que les acariens, ont généralement des effets négatifs sur les traits d'histoire de vie de leurs hôtes. Des cycles de vie courts entraînent des multiplications très rapides de la population d'acariens jusqu'à l'atteinte de leur capacité limite (**Weedle, 2000**). L'abondance de *Pellonyssus* dans les nids et sur les adultes varie de façon saisonnière durant la saison de reproduction (**Burt et al., 1991**). De telles variations peuvent avoir des effets importants sur divers aspects de la biologie de la reproduction de l'hôte, tels que la grandeur de ponte et le nombre de jeunes à l'envol (**Møller 1991; Richner & Heeb 1995**). Ils ont également un impact sur l'état de santé de l'hôte (**Loye et Zuk 1991; Clayton & Moore, 1997**).

Les poux sont les seuls insectes parasites qui complètent leur cycle de vie sur le corps de l'oiseau (**Clayton & Tompkins 1994 ; 1995**). Toutefois, ils ont eux aussi une influence majeure sur les traits d'histoire de vie aviaire de par leurs effets sur les performances au vol (**Barbosa et al., 2002**), le métabolisme (**Booth et al., 1993**), l'espérance de vie (**Brown et al., 1995; Clayton et al., 1999**) et la sélection sexuelle (**Clayton, 1990; Kose & Møller 1999; Kose et al., 2000**). Chez le Guêpier d'Europe (*Merops apister*) par exemple, l'infestation des adultes par les poux (piqueurs) qui se nourrissent exclusivement sur les plumes où les desquamations de la peau, a un effet négatif sur la masse corporelle, le taux de sédimentation et un peu sur l'hématocrite (**Hoi et al., 2010**). Dans leur transmission, les poux dépendent beaucoup plus du mode de transmission parents – enfants que les autres ectoparasites (**Clayton & Tompkins 1994 ; 1995**). Les adultes se débarrassent d'eux en général en nettoyant leurs plumes avec leur bec (**Clayton, 1991**).

Les puces sont des ectoparasites à mode de transmission horizontal. Ils sont en général confinés à l'obscurité dans le nid, et le taux d'infestation des nids augmente avec la diminution de l'humidité (**Heeb et al., 2000**). Les femelles sont plus actives que les mâles, mais chez les puces l'activité est plus intense entre 18 et 25°C (**Greenwood et al., 1991**). Ils

peuvent être très virulents malgré leur nombre faible sur l'hôte et avoir des effets négatifs sur son succès de la reproduction (**Bull, 1994; Clayton & Tompkins, 1994 ; Allander, 1998**).

Durant notre étude sur l'impact des ectoparasites sur la reproduction, nous avons observé que le nombre de nichées parasitées varie entre les deux pontes, mais c'est durant la fin de la première couvée que nous retrouvons les nids les plus parasités de la saison (environ 1000 parasites). Pour la seconde couvée, le nombre de nichées parasitées est très faible. Toutefois, nous observons une absence totale d'ectoparasites dans les nids au début de la première ponte et dans une bonne partie de la seconde. L'absence d'ectoparasites en début de saison peut être due à plusieurs facteurs ; le premier dépend des fluctuations des conditions climatiques avec des températures encore basses qui ne permettent pas un bon développement de la population parasite (abondance des parasites et des vecteurs) (**Møller, 2010a**). Le deuxième est lié à la qualité des couples qui se sont reproduits précocement par rapport aux autres et qui peuvent être de ce fait moins parasités à l'arrivée de leurs quartiers d'hiver (**Møller, 1994a**). Et enfin, au moment de l'émergence des parasites, car chaque ordre a un moment d'apparition et de développement bien déterminé. La diminution significative du nombre de nichées parasitées durant la seconde ponte est liée à la capacité des adultes à résister au parasitisme. Plusieurs couples ne vont pas faire de secondes pontes, et si cette ponte a lieu, certains dont les nids sont hyper parasités, vont aller choisir un autre nid déjà construit pour effectuer leur seconde ponte ou alors en construire un nouveau (**Møller, 1994a ; com. Pers.**). D'après les travaux de **Møller, (2010b)**, les hôtes sont tout à fait conscients de leur taux de parasitisme et ils essayent par tous les moyens d'y faire face. La capacité des adultes face au ectoparasites dépend également de leur âge, de leur taille (**Gregory, 1990; Ebert et al., 2001**), du choix du partenaire sexuel (le moins parasités entre autre) (**Møller et al., 1998 ; 1999 ; Møller, 2002**) et de leur expériences de reproductions (**Møller, 1994a**). Une étude réalisée par **Møller, (1994b)** montre que les adultes qui ne font qu'une seule couvée par an (jeunes de la saison précédente dont c'est la première reproduction) sont plus sensibles à l'infestation des nids par les parasites, qui vont affecter directement leur taux d'alimentation. Ce qui n'est pas le cas chez les adultes qui effectuent deux pontes par saison de reproduction.

La comparaison entre le témoin et le lot expérimental montre que les ectoparasites des nids ont une action directe sur certains paramètres de la reproduction qui sont, le nombre de jeunes à l'envol, le succès à l'envol et le succès de la reproduction et ceci pour la première ponte où nous avons observés le plus de nichées infestées. Concernant la seconde ponte, les résultats ne montrent pas d'effet du parasitisme de part le faible taux d'infestation des nids. Le même constat est observé chez plusieurs espèces d'oiseaux dont l'Hirondelle de cheminée et qui montrent un impact négatif des ectoparasites sur le succès de la reproduction (**Møller, 1994; Berggren, 2005**).

La condition corporelle est un trait important qui reflète la capacité des individus à acquérir de la nourriture ou résister à la maladie, permettant éventuellement la reproduction et la survie. (**Møller, 1994b**). Pendant notre étude, nous avons constaté que la croissance pondérale des oisillons semble être affectée par l'effet des ectoparasites durant la première ponte à partir de l'âge de 9 jours et jusqu'à l'envol des oisillons. Par contre, pour les pulli de la seconde ponte, aucun effet n'a été constaté sur le poids pendant la période de croissance. Toutefois, on observe la présence d'une corrélation négative et très hautement significative entre la charge parasitaire et le poids à 15 jours, ce qui signifie que quand la charge parasitaire diminue, le poids des pulli avant l'envol augmente. Pour les deux pontes, la majorité des paramètres morphologiques comme la longueur du tarse, de l'aile et de la queue, ne montrent pas de différences entre les deux lots. La seule différence se situe dans la longueur de l'aile qui est plus importante chez les pulli issus du lot traité et ceci durant la première ponte. Des travaux sur plusieurs espèces aviaires montrent que la longueur du tarse est relativement insensible à la variation de l'environnement. Ceci à été constaté par les travaux de **Møller (1990b)** sur les Hirondelles de cheminées (*Hirundo rustica*) et ceux sur l'Hirondelle des falaises (*Hirundo pyrrhonota*) (**Chapman & George, 1991**). D'autres études réalisées sur le Gobe-mouches à collier (*Ficedula albicollis*), montrent que la variation phénotypique de la longueur du tarse était en grande partie héréditaires, mais que la variation de la masse des oisillons dépendait des facteurs environnementaux (**Alatalo et al., 1990**). Les ectoparasites ont un impact négatif certains sur la masse des pulli de l'Hirondelle de cheminée (**Møller 1990b**), mais d'autres facteurs tels que le manque de nourriture, peuvent décupler cet effet en

altérant l'état de santé des pulli, les rendant ainsi plus sensibles à des infections parasitaires (**Kennedy, 1976; Marshall, 1981**).

L'hématocrite est une mesure qui donne un aperçu sur l'état de santé de l'individu. La variation de l'hématocrite présente une faible héritabilité (**Potti et al., 1999**). Les travaux réalisés sur le gobe mouche pie (*Ficedula westermanni*) ont suggéré que les acariens ont le potentiel d'affecter le succès de reproduction et l'hématocrite. De ce fait, les espèces hôtes doivent répondre à l'action de ces parasites soit immunologiquement (**Møller, 1990; Brinkhof et al., 1999 ; Stoehr et al., 2000**) ou comportementalement (**Hart, 1997**). Nous avons observé pendant notre étude une différence de l'hématocrite entre les deux lots et ceci pendant la première ponte. Cette diminution peut être expliquée par l'impact des ectoparasites, mais tout comme la masse des oisillons par l'impact des conditions environnementales pendant la période d'étude.



---

## CONCLUSION & PERSPECTIVES



## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'hirondelle de cheminée a suscité et suscite encore un intérêt grandissant aux vues des innombrables travaux réalisés dans toute son aire de répartition. L'originalité de notre démarche réside dans le fait que notre étude s'inscrit dans la limite Sud de l'aire de nidification de l'espèce, dégageant ainsi des perspectives intéressantes sur l'impact des changements des conditions environnementales sur la biologie de l'espèce. Dans ce contexte, notre objectif majeur était de caractériser aux mieux la phénologie de la reproduction de l'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica rustica*), son régime alimentaire ainsi que l'inventaire et la quantification des ectoparasites des nids dans un milieu urbain du nord Est algérien. L'interaction statistique et analytique de l'ensemble de ces paramètres nous ont permis de poser des hypothèses quant à l'impact du régime alimentaire et de l'ectoparasitisme sur les performances reproductives de cette espèce.

L'analyse de nos résultats a montré globalement que la date d'arrivée des Hirondelles de cheminée se situait vers la mi-février, soit près d'un mois d'avance par rapport aux populations européennes plus au nord, et ceci selon un gradient croissant de latitude. Concernant la date de départ vers les quartiers d'hiver, elle se fait plus tard dans notre pays, vers la mi-septembre, puisque les conditions alimentaires et climatiques sont encore favorables. Le déclenchement de la reproduction se fait comme pour toutes les régions d'étude selon un gradient croissant de latitude, à cause de la rudesse des conditions climatiques dans les régions plus au nord de l'aire de nidification. Comme le printemps a lieu plus tôt dans notre région, la reproduction est entamée plus tôt également.

L'Hirondelle de cheminée semble préférer dans notre région l'habitat urbain ou sub urbain par rapport à l'habitat rural, Ce qui n'est pas le cas dans la majorité de l'aire de nidification de l'espèce où elle niche plutôt dans les fermes et les étables. L'hypothèse émise dans ce contexte a mis l'accent entre autre sur type de matériaux utilisés pour la construction des étables qui est plus rudimentaire dans notre région et qui ne n'offre pas de ce fait une bonne adhérence des nids aux substrats.

L'abondance de nourriture constitue un facteur limitant qui conditionne le nombre de ponte, de ce fait, la multitude d'habitats dont bénéficie l'hirondelle de cheminée à travers son aire de nidification présente une grande variabilité d'un point de vue trophique, permettant ainsi d'effectuer plusieurs pontes au cours de la saison de reproduction. Nous avons constaté une période de ponte relativement longue, caractérisée par l'alternance de deux pontes successives, avec une grandeur de ponte qui diminue au cours de la saison de reproduction. Ce déclin a été conforté par de nombreux travaux qui ont mis en évidence une diminution des ressources alimentaires au cours de la saison de reproduction.

Le régime alimentaire de l'Hirondelle de cheminée varie en fonction de la période de l'année, de la progression de la saison de reproduction, des conditions météorologiques locales et des ressources alimentaires disponibles. Dans notre région, le régime alimentaire est constitué essentiellement de Diptères, d'Hyménoptères, de Coléoptères, d'hémiptères, d'Orthoptères et d'Odonates. Cependant, Ce régime varie entre la première ponte et la seconde où il semble plus diversifié. Cette diversification serait une stratégie adaptative pour palier au manque de nourriture dans le milieu.

L'apparition des Coléoptères et des Hémiptères dans le régime alimentaire de seconde ponte indique que les parents se rabattent sur des proies de substitution pour une meilleure optimisation de l'énergie durant cette période plus chaude et plus sèche.

Nos résultats comparés à ceux d'autres régions de l'aire de nidification de l'espèce montrent que le nombre d'œufs éclos et le nombre de jeunes à l'envol sont plus importants pendant la première ponte, et relativement faibles pendant la seconde. Enfin, pour le succès de la reproduction et à l'envol, les données sont élevées et similaires entre première et seconde ponte sauf pour l'année 2003 où on observe une mortalité massive durant la seconde ponte qui fait suite à la canicule observée en juillet.

L'analyse des fréquences de nourrissage a montré une augmentation avec l'âge jusqu'à atteindre un maximum à l'âge de 9 jours, il s'en suit une diminution de cette fréquence jusqu'à l'âge de 12 jours et une légère augmentation à 15 jours juste avant l'envol. Cette augmentation s'est illustrée surtout durant la seconde ponte, alors qu'en général c'est le contraire qui est observé. Nous supposons que cet effet peut être dû au décalage de la majorité des secondes pontes durant cette saison, où nous avons observé une importante augmentation de la température durant le mois de juillet et des températures plus clémentes au mois d'août (en 2003). Une autre hypothèse concerne la qualité des proies, dans le sens où les parents augmenteraient leur taux de nourrissage mais en ramenant des proies plus petites et de moindre qualité, ce qui engendre une augmentation de la fréquence pour pouvoir pallier aux besoins alimentaires des nichées. Ce comportement a été observé également pendant la seconde ponte dans certaines régions de l'aire de nidification.

Comme plusieurs espèces d'oiseaux, les Hirondelles sont l'hôte d'une multitude de parasites, et ils constituent un bon modèle pour la compréhension de l'influence des parasites sur leur condition physique. Dans notre région, nous retrouvons trois ordres d'ectoparasites qui sont les Mites, les Poux et les Puces. Pour les mites, on distingue la famille des *Macronyssidae*, pour les Poux celle des *Menoponidae* et pour les Puces celle des *Ceratophyllidae*. Les espèces retrouvées sont pour les mites *Ornithonyssus bursa*, *Pellonyssus sp1* et *Pellonyssus sp2*. Pour les Poux, nous avons les deux espèces *Myrsidea rustica* et *Hirundoecus malleus*. Enfin, pour les puces, nous retrouvons une seule espèce qui est *Ceratophyllus hirundinis*. Le calcul des indices parasitaires montre que ce sont les Mites qui enregistrent les indices les plus importants, suivi par les Poux et les Puces. En Europe, ce sont *Hirundoecus malleus* et *Myrsidea rustica* (Poux) que l'on retrouve le plus dans tous les nids. Les deux espèces de *Pellonyssus*, ont des indices parasitaires similaires dans notre région d'étude, mais ils ne semblent pas être spécifiques à l'Hirondelle de cheminée en Europe. Cependant, nous n'avons pas retrouvés la mouche parasite *Stenopteryx hirundinis* lors de nos recherches.

L'étude de l'impact des ectoparasites sur la reproduction montre que c'est durant la fin de la première ponte que nous observons le pic d'infestation des nids par les ectoparasites. Toutefois, en début de saison de reproduction et pendant la majorité de la seconde ponte le taux d'infestation est nul. L'absence d'ectoparasites en début de saison peut être dû soit aux températures encore basses et qui ne permettent pas le bon développement de parasites, ou encore à la bonne qualité des couples qui ont niché précocement. Pour la seconde ponte, cette absence presque générale d'ectoparasites peut être liée à la capacité des adultes à résister au parasitisme surtout ceux dont ce n'est pas la première reproduction.

La comparaison entre le témoin et le lot expérimental déparasité, montre une action directe des ectoparasites sur plusieurs paramètres de la reproduction (Nombre de jeunes à l'envol, succès à l'envol et succès de la reproduction) et ceci pour la première ponte où l'on compte le plus de nichées infestées. Concernant la seconde ponte, les résultats ne montrent pas d'effet du parasitisme sur les pulli. Nos résultats sont similaires à ceux observés chez plusieurs espèces d'oiseaux dont l'Hirondelle de cheminée et qui montrent un effet négatif des ectoparasites sur le succès reproducteur de l'hôte.

L'étude de la condition corporelle des pulli, particulièrement avant l'envol permet d'analyser le succès de la reproduction et la survie ultérieure des jeunes. La croissance pondérale des oisillons de première ponte semble être affectée par l'effet des ectoparasites à partir de l'âge de 9 jours et jusqu'à l'envol des oisillons. En seconde ponte, aucun effet n'a été constaté sur le poids pendant la croissance. Concernant les paramètres morphologiques comme la longueur du tarse, de l'aile et de la queue. Les résultats ne montrent pas de différences entre les deux lots sauf pour la longueur de l'aile qui est plus importante chez les pulli issus du lot traité et ceci durant la première ponte. La mesure de l'hématocrite des pulli permet de donner un aperçu sur leur état de santé. Plusieurs auteurs ont suggérés que les acariens ont le potentiel d'affecter le succès de reproduction et l'hématocrite. Durant notre étude, nous avons constaté une différence de l'hématocrite entre les deux lots et ceci pendant la première ponte. Cette diminution peut être due à l'impact des ectoparasites, mais également à l'effet des conditions environnementales locales sur les individus.

A partir de la somme des résultats obtenus, il serait intéressant d'envisager les perspectives suivantes :

- Etudier la reproduction, l'écologie alimentaire et parasitaire de l'Hirondelle de cheminée dans plusieurs régions en dehors de la ville d'Annaba pour voir si les mêmes tendances sont observées.
- Elargir les travaux sur le régime alimentaire au niveau de plusieurs types d'habitats pour confirmer les hypothèses émises sur les stratégies de nourrissage adoptées par les adultes.
- Caractériser au mieux les interactions parasites – hôtes en abordant quelques aspects tels que l'hémoparasitisme ou l'endoparasitisme et leurs incidences sur les performances de reproduction, de croissance et de survie de l'espèce.





---

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahnström J, Berg A. & Söderlund H. (2008). Birds on farmstends - effects of landscape and farming characteristics, *Ornis Fenn.*, 85. p:p 98-108.
- Alerstam T. & Lindström A. (1990). Optimal bird migration: the relative importance of time, energy, and safety. p.p. 331 351. In: Gwinner, E. (ed.) *Bird migration: Physiology and ecophysiology*. Springer, Berlin.
- Ambrosini R, Bolzern A.M, Canova L. & Suino N. (2002)b. Latency in response of Barn Swallow (*Hirundo rustica*) populations to changes in breeding habitat conditions. *Ecology Letters* 5: 640-647.
- Ambrosini R, Botzern A.M., Canova L., Arieni S., Moller A.P. & Saino N. (2002)a. The distribution and colony size of barn swallows in relation to agricultural land use. *Journal of applied ecology* 39: 524-534.
- Anderson R. M. & R. May M. (1979), *Population biology of infectious diseases: Part I*. Nature, 280. p.p. 361 367.
- Baille S.J. & Peach W.J. (1992). Population limitation in Palaearctic-African migrant passerines. *Ibis* 134. pp. 120-132.
- Banbura J., Blondel J., de Wilde-Lambrechts H., Perret P. (1995). Why do female Blue Tit (*Parus caeruleus*) bring fresh plants to their nests. *J. Ornithol* 136. pp. 217-221.
- Banbura J., Blondel J., Galan M.J. & Maister M. (2004). Nestling diet variation in an insular Mediterranean population of Blue tit effect of years, territories and individuals. *Oecologia*. P-P. 413-20.
- Banbura J., Lambrecht M.M., Blondel J., Perret P & Cartan Son M. (1999). Food handling time of Blue Tit chicks : constraints and adaptation to different prey type. *J. Avian Biol.* 30. pp. 263-270.
- Barbraud C. & Weimerskirch H. (2001). Emperor penguins and climate change. *Nature* 411. p.p. 183- 186.
- Barclay R.M.R. (1988). Variation in the costs benefits and frequency of nest reuse by Barn Swallows (*Hirundo rustica* ), *Auk* 105:53-60.
- Battley P., Piersma T., Dietz M. W, Tang S., Dekinga A. & Hulsman K. (2000). Empirical evidence for differential organ reductions during trans-oceanic bird flight. *Proc. R. Soc. B.* 267. p.p. 191-195.
- Beal F.E.L.. (1918). Food habits of the swallow, a family of valuable native birds. US Department Of Agriculture Bulletin 619.
- Benton T.G., Bryant M.G., Cole L. & Crick H.Q.P. (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* 39. p.p. 673-687
- Berggren A. (2005). Effect of the blood-sucking mite (*Ornithonyssus bursa*) on chick growth and Fledging age in the North Island robin. *New Zealand journal of ecology*. Vol. 29, No. 2. p.p. 243-250.
- Berthold P. (2001), *Bird migration*. Second edition, Oxford University Press, Oxford.

- Bevan R.M., Butler P. J., Woakes A. J. & Boyd I. L. (2002). The energetics of Gentoo Penguins, *Pygoscellis papua*, during the breeding season. *Functional Ecology* 16. P.p.175-190.
- Biebach H. (1996). Energetics of winter and migratory fattening. In *Avian energetics and nutritional ecology*. (ed.) Carey C. Chapman & Hall, New York. 280-323.
- Biebach, H. & Bauchinger, U. (2003). Energetic savings by organ adjustment during long migratory flights in Garden Warblers (*Sylvia borin*). In Berthold, P. Gwinner, E. & Sonnenschein, E. (eds), *Avian Migration*, 269- 280. Springer, Berlin.
- Biebach, H. (1990). Strategies of Trans-Saharan Migrants. In: Gwinner, E. (ed.). *Bird Migration*. Berlin Heidelberg. p.p. 352-367.
- BirdLife International (2004). *Birds in Europe. Population Estimates, Trends and Conservation Status*. Birdlife International, Cambridge
- Blondel J., Thomas D.W., Charmantier A., Perret P., Bourgault P. & Lambrecht M. (2006). A thirty - year study of phenotypic and genetic variation of Blue tits in Mediterranean habitat mosaics. *Bioscience* 56. P.p. 661-673.
- Boggs C.L. (1992). Resource allocation: exploring connections between foraging and life history. *Functional Ecology* 6. P.p. 508-518
- Bourgeon S. (2006). Immunocompétence chez les oiseaux longévifs: étude du coût de la reproduction lors du jeûne d'incubation chez l'eider à duvet (*Somateria mollissima*). Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur.
- Brickle N.W., Harper D.G.C., Aebischer N.J. & Cockayne S.H. (2000). Effects of agricultural intensification on the breeding success of Corn buntings *Miliaria calandra*. *J. Appl. Ecol.* 37. P.p.742-755.
- Brown C.R. & Brown M.B. (1999). *Barn Swallow (Hirundo rustica), the bird of north america online* (A. Poole, éd.). Ithaca: Cornell lab of ornithology.
- Bull J.J. (1994). Virulence. *Evolution* 48. p.p. 1423-1437.
- Bush A., Fernandez J. & Esch G. (2001). *Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites*. Cambridge Univ. Press.
- Cadman M.D., Sutherland D.A., Beck G.G., Lepage D. & Couturier A.R. (2007). *Atlas of the Breeding Birds of Ontario, 2001-2005*. Bird Studies Canada, Environment Canada, Ontario Ornithologists, Ontario Ministry of Natural Resources, and Ontario Nature, Toronto.
- Campbell R.W., Dawe N.K., McTaggart-Cowan I., Cooper J.M. & Kaiser G.W. (1997). *The bird of British Columbia Vol. 3. Passerines: Flycatchers through Vireos*. University of British Columbia Press, Vancouver. 693 p.
- Campan R. & Scapini F. (2002). *Ethologie. Une approche systémique du comportement*.
- Chapman B. R. & J. E. George. (1991). The effects of ectoparasites on cliff swallow growth and survival, p-p. 69-92. In J. E. Loye and M. Zuk [eds.], *Ecology, behavior and evolution of bird-parasite interactions*. Oxford University Press, Oxford.
- Charnov E. L. (1976). Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology* 9. p.p. 129- 136.

- Clobert J., Nichols J.D., Danchin E., Dhondt A. (2001). Dispersal. Oxford University Press, Oxford.
- Clutton-Brock T.H. (1991). The evolution of parental care. Princeton University Press, Princeton.
- Cole L.C (1954). The population consequences of life history phenomena. Quarterly review of Biology 29. p.p.103-137.
- Combes C. (1995). Interactions durables. Ecologie et Evolution du Parasitisme. Paris: Masson.
- Cramp S. (1998). The Complete Birds of the Western Palaearctic. Oxford Univ.Press,
- Daget P. (1977). Le bioclimat Méditerranéen: Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. Plant Ecology. Volume 34, Number 2. p.p. 87-103.
- Dawson W. R., Marsh R. L, Buttemer W. A. & Carey C. (1983). Seasonal and geographic variation of cold resistance in House Finches *Carpodacus mexicanus*. Physio. Zool. 56. p-p. 353- 369.
- Dhont A. & Hochachka W.M. (2001). Variations in calcium use by birds during the breeding season. Condor 103. p.p, 592-598.
- Dias P. C. (1994). Adaptation et maladaptation des Mésanges bleues dans les mosaïques d'habitats méditerranéens: l'hypothèse Source-Puits. Thèse de doctorat. Univ, Montpellier II. 232 p.
- Dias P.C. & Blondel J. (1996), Breeding time, food supply and fitness components of Blue Tits *Parus caeruleus* in Mediterranean habitats, Ibis 138. p.p. 644-649
- Dickinson E.C. & Dekker R.W.R. (2001). Systematic notes on Asian birds. 13. A Preliminary review of the Hirundinidae. Zoologische Verhandelingen Leiden 335. pp. 127-144
- Dickinson E.C. Erk S. & Milensky C.M. (2002). Systematic notes on Asian birds, 31. Eastern races of the Barn Swallow *Hirundo rustica* Linnaeus, 1758. Zoologische Verhandelingen Leiden 335.PP. 145-166,
- Donald P.F., Sanderson RJ, Burfield IJ, & Van Bommel, F.PJ. (2006). Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990-2000. Agriculture, Ecosystems and Environment 116. pp. 189- 196.
- Dragonkina N S.0980, The study of the birds of the USSR, their Conservation, and Wase Management, Vol. 1. Leningrad (in Russian).
- Durant J.M., Hjermand D.O., Otersen G. & Stenseth N.C. (2007). Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. Clin. Res., 33, p.p. 271 -283. Editions De Boeck Universite. Bruxelles.
- Egger B., (2000). Foraging performance of the Barn Swallows *hirundo rustica* in relation to food supply and consequences for nestling growth and survival. Diploma thesis, university of Bern and Swiss Ornithological Institute, sempach.
- Erskine A. J. (1992). Atlas of breeding birds of the maritime provinces. Nimbus publ. Halifax (Nouvelle-Écosse)

- Evans K.L., Wilson J.D. & Bradbury R. B. (2007). Effect of crop type aerial invertebrate abundance on foraging Barn Swallow *Hirundo rustica*. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 122: 267-273
- Faaborg J., Holmes R.T., Anders A.D., Bildstein K.L., Dugger K.M., Gauthreaux S.A., Heglund P., Hobson K.A, Jahn A.E., Johnson D.H., Latta S.C, Levey D.J., Marra P.P., Merkord C.L., Nol E., Rothstein S.I, Sherry T.W, Sillett T.S., Thompson F.R. & Warnock N. (2010). Conserving migratory land birds in the New World: Do we know enough? *Ecological Applications* 20 : 398-418.
- Fox C. W., Roff D.A. & Fairbairn D.J. (2001),. *Evolutionary ecology concepts and case studies*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Gareth J. (1986). Parent-offspring resource allocation in swallows during nestling rearing: an experimental study. *Ardea* 75. p.p. 145- 168.
- Glowacki J. (1977). Contribution to the knowledge of the food of the swallow *Hirundo rustica* L.. *Przełąd Zoologiczny*, 21. p-p. 60-62.
- Gough R.E., (1997). Collection and identification of avian viruses, bacteria, and fungi. in Clayton D.H. & Moore J. (éd.) *Host-Parasite Evolution: General Principles and Avian Models*. Oxford university press, Oxford. p.p. 379-395.
- Greenwood M.S., Foster G.S. & Amerson H.V. (1991) vegetative propagation of Southern Pines. Forest Regeneration Manual pp 75-86.
- Greenwood P.J. & Harvey P.H. (1982). The natal and breeding dispersal of birds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13. p.p. 1-21.
- Halmos G., Karcza Z.S., Nemeth A. & Csorgo T. (2010). The migratory fattening of the swallow *Hirundo rustica* in Hungary. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 56 (1). p.p. 73-87.
- Hamer K., Lynnes A.S. & Hill J.K. (1998). Regulation of chick provisioning rate in Manx Shearwaters: experimental evidence and implications for nestling obesity. *Functional Ecology* 12. p.p. 625-630.
- Henrich G.S. & Richner H. (1998). cause of growth variation and its consequences for fitness. *Avian growth and development* (JM. Strack & R.E. Ricklefs, eds). p.p. 324-339. Oxford University Press, Oxford.
- Iverson S.s. (1988). Site tenacity in culvert-nesting Barn Swallows in Oklahoma. *Journal of Field Ornithology* 59: 337-344.
- Kacelnik A. (1984). Central place foraging in starlings (*Sturnus vulgaris*). I. Patch residence
- Keller L. & Van Noordwijk A.J. (1994). Effects of local environmental conditions on nestling growth in the Great tit (*Parus major*). *Ardea* 82.p.p. 349-362.
- Kennedy C.R. (1976). *Ecological aspects of parasitology*. North-Holland, Amsterdam.
- Kopij G. (1997). The birds of Bloemspruit. Bloemfontein. *Mirafr* 14.p.p. 8 - 12.
- Kopij G. (2004) a. Liczebność ptaków lęgowych w wioskach ziemi grodkowskiej. *Przyr. Śląska Opol.* 10. p.p. 30- 34.

- Kopij G. (2004) b. Ptaki lęgowe wielkiej wyspy szczytnickiego zespołu przyrodniczo krajobrazowego. Zesz. Nauk. AR Wrocław. Zoot. 50. p.p. 187 - 204.
- Kopij G. (2005). Ptaki lęgowe zachodniej części śródmieścia we Wrocławiu. Zesz. Nauk. AR Wrocław. Zoot. 53. p.p. 87 - 99.
- Kopij G. (2006). Zespół ptaków lęgowych centrum Wrocławia. Acta Sci. Pol. Biologia. 5. p.p. 3-12.
- Koskimies J. (1948). On temperature regulation and metabolism in the Swift micropus (Opus 1.) during fasting. Experientia 4. p.p. 274-282.
- Kozena I. (1980). Dominance of items and diversity of the diet of young swallows (*Hirundo rustica*), Folia Zool., 29. p.p. 143 - 156.
- Kragten S., Reijkstra E. & Gertenaar E. (2006). Breeding barn swallows on organic and conventional arable farms in the Netherlands. Journal of Ornithology 150. p.p. 515-518.
- Kragten S., Reijkstra E. & Gertenaar E. (2009). Breeding Barn Swallows (*Hirundo rustica*) on organic and conventional arable farms in the Netherlands. J. Ornithol., 150. P.p. 515-518.
- Lefeuvre J.C. (1999). Données sur les dates de migration et de nidification des oiseaux d'eau et des oiseaux migrateurs. Courrier de l'environnement de l'INRA n°38. p.p. 99-106.
- Leraut P. & Blanchot P. (2003). Le guide entomologique: plus de S000 espèces européennes. Ed. Broché.
- Lessells C. (1991). The evolution of life histories. In: Krebs R. & Davies ND (eds) Behavioural Ecology. Blackwell, Oxford, London. p.p. 32-68.
- Lindström A., Kvist A., Piersma T., Dekinga A. & Dietz M. W. (2000). Avian pectoralis muscle size rapidly tracks body mass changes during flight, fasting and fuelling. J. Exp. Biol. 203. p.p. 913 -919.
- Lubbe S.K. & de Snoo G.R. (2007). Effect of dairy farm management on Swallow *Hirundo rustica* abundance in The Netherlands. Bird Study 54. p.p. 176 - 181.
- Luniak M., Kozłowski P., Nowicki W. & Plit J. (2001). Ptaki warszawy, 1962-2000. Warszawa. IGIPZ PAN.
- MacArthur R.II. & Pianka E.R. (1966). On optimal use of a patchy environment. American Naturalist 100. p.p. 603 - 610.
- Magrath R.D. (1989). Hatching asynchrony and reproductive success in the blackbird. Nature 339. p.p. 536-538.
- Magrath R.D. (1990). Hatching asynchrony in altricial birds. Biological Review of the Cambridge Philosophical Society 65. p.p. 587-622.
- Maillet D. & Weber J.M. (2006). Performance-enhancing role of dietary fatty acids in a long-distance migrant shorebird: the semipalmated sandpiper. J. Exp. Biol. 209. p.p. 2686-2695.
- Manco F. Dupuis F. Jacot P. & Costa S. (2010). Les Hirondelles de Suisse informations pour la protection des Hirondelles. Service d'étude et de protection du centre ornithologique de réadaptation (COR). 1 -24.

- Martinez-de la Puente J., Merino S., Lobato E., Rivero-de Aguilar J., Del Cerro R., Ruiz-de-Castañeda R. & Moreno J. (1999). Does weather affect biting fly abundance in avian nests? Volume 40, Issue 6. p.p. 653-657.
- May R.M. & Anderson R.M. (1979). The population biology of infectious diseases: II. Nature 280. 455 p.
- Maynard Smith J. (1978). The Evolution of Sex. Cambridge University Press, New York.
- McCracken J. (2008). Are aerial insectivores being bugged out? Bird Watch Canada 42.p.p. 4-7.
- McLaughlin J.D. (1995). Protocoles du réseau d'évaluation et de surveillance écologiques pour mesurer la Biodiversité : Parasites des oiseaux. Section de parasitologie, société canadienne de zoologie. p.p. 1-95.
- Meijer T. & Drent S. (1999). Re-examination of the capital and income dichotomy in breeding birds. Ibis 141. P.p. 399 - 414.
- Meijer T. & Drent S. (1999). Re-examination of the capital and income dichotomy in breeding birds. Ibis 141. P.p. 399 - 414.
- Meijer T. & Daan S. & Hall M. (1990). Family planning in the Kestrel (*Falco tinnunculus*): the proximate control of covariation of laying date and clutch size. Behaviour 14. p.p. 177-136.
- Merrill J. (1976). Oyster shells attract Barn Swallows. East Bird-Banding News 39. p.p. 20-21.
- Moller A.P. (1982). Clutch size in relation to nest size in the Swallow *Hirundo rustica*. Ibis 124. p.p. 339 - 343.
- Moller A.P. (1987). Advantages and disadvantages of coloniality in the swallow, *Hirundo rustica*. Animal behavior 35: 819-832.
- Moller A.P. (1993). Ectoparasites increase the cost of reproduction in their hosts. Journal of Animal Ecology 62. p.p. 309 -322.
- Moller A.P. (1994) a. Sexual selection and the Barn Swallow. Oxford Series in Ecology and Evolution.
- Moller A.P. (1994) b. Parasite Infestation and Parental Care in the Barn Swallow *Hirundo rustica* a Test of the Resource-provisioning Model of Parasite-mediated Sexual Selection. Ethology. Vol. 97, issue 3. p.p. 215-225.
- Moller A.P. (1995). Sexual selection in the Barn Swallow *Hirundo rustica*. V. Geographic variation in ornament size. Journal of Evolutionary Biology 8. p.p. 3- 19.
- Moller A.P. (1997). Parasitism and the evolution of host life history. In Clayton D.H. & Moore J. (eds), Host-Parasites Evolution, General Principles and Avian Models. p.p. 105-127.
- Moller A. P. (2001). The effect of dairy farming on Barn Swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution & reproduction. Journal of Applied Ecology 38. p.p. 378 -389.
- Moller, A.P. (2010) a. Host-parasite interactions and vectors in the barn swallow in relation to climate change. Global Change Biology. Vol. 16. p.p. 1158- 1170.

- Moller A.P. (2010) b. Manipulation of Bird Behavior by Parasites?. The Open Ornithology Journal. Vol. 3. p.p. 86-92.
- Moller A.P., de Lope F. & Saino N. (1995). Sexual selection in the barn swallow *Hirundo rustica*. VI. Aerodynamic adaptations. J. Evol. Biol. 8. p.p. 671-687.
- Moller A. P., de Lope F. & Saino N. (2004). Parasitism, immunity and arrival date in a migratory bird, the Barn Swallow. Ecology 85. p.p. 206-219.
- Moller A.P., de Lope F. & Saino N. (2005). Reproduction and migration in relation to senescence in the Barn Swallow *Hirundo rustica*: a study of avian centenarians. Age 27. p.p. 307 - 318.
- Moller A.P. & Szèp T. (2011). The role of parasites in ecology and evolution of migration and migratory connectivity. J. Ornithol. 152 (Suppl 1). p.p. 141 - 150.
- Monaghan J.J. (1992). Smoothed particle hydrodynamics. Annual Review of Astronomy and Astrophysics. 30. p.p. 543 574.
- Nachtigall w. (1987). Vogelflug und Vogelzug. Rasch & Röhring, Hamburg .
- Nevoux M. (2008). Sensibilité des populations aux changements globaux, en fonction de leur stratégie démographique. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.
- Nitecki M.H. (1992). History and evolution. SUNY Press. 269 p.
- Nizynska-Bubel J. & Kopij G. (2007). Zagęszczenia lęgowe I miejsca gniazddowania oknówki *Delichon urbica* we wrocławiu. Ptaki Śląska.
- Nizynska-Bubel J., Kopij G. (2007). Population density, nesting sites and breeding success in Barn Swallows in urban habitats, SsW Poland. Berkut. Vol. 16. p.p. 232-239.
- Norris K.R. (1991). General Biology. In: Naumann L.D., Carne P.B., Lawrence J.F, Nielsen E.S., Spradbery J.P., Taylor R.W. & Whitten M.J.
- Oliver P.J. (2002). Barn Swallows and House Martins taking grit. British Birds 95. P.p. 23-26.
- Orłowski G. & Karg J. (2011). Diet of nestling Barn Swallows *Hirundo rustica* in rural areas of Poland. Cent. Eur. J. Biol., vol. 6(6). p.p. 1023- 1035.
- Ozenda P. (1954). Observations sur la végétation d'une région semi-aride: les hauts plateaux du Sud algérois. Bull. Soc. Hit. Nat. d'Afrique du Nord. Alger. 115. p.p. 134 165.
- Pacejka A.J., Gratton C.M. & Thompson C.F. (1998). Do potentially virulent mites affect house wren (*Troglodytes aedon*) reproductive success? Ecology 79. p.p.1797- 1806.
- Parker G.A., Maynard Smith J. (1990). Optimality theory in evolutionary biology. Nature 248. p.p. 27-33.
- Pearson, D. J. 1990. Palaearctic passerine migrants in Kenya and Uganda: Temporal spatial patterns of their movements. In: Gwinner, E. (ed.). Bird Migration: Physiology and Ecophysiology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p.p. 44- 59.
- Piersma T. & Lindstrom A. (1997). Rapid reversible changes in organ size as a component of adaptive behaviour. Trends Ecol. Evol. 12. p.p. 134- 138.

- Poiani A. (1992). Ectoparasitism as a possible cost of social life: A comparative analysis using Australian passerine (Passeriformes). *Oecologia* 92. p.p. 429-441.
- Poulsen J.G., Aebischer N.J. (1995). Quantitative comparison of two methods of assessing diet of nestling skylarks (*Alauda arvensis*), *Auk*, 112. p.p. 1070-1074.
- Powlesland R.G. (1977). Behavior of the haematophagous mite *Ornithonyssus bursa* in starling nest boxes in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 5. p.p. 395-399.
- Réale D. (1997). Ressources trophiques et reproduction chez les Mammifères et les Oiseaux. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*. 52. p.p. 369-410.
- Richner H. (1989). Avian laparoscopy as a field technique for sexing birds and an assessment of its effect on wild birds. *J. Field Ornithol.* 60. p.p. 137-142.
- Ricklefs R.E. (1983). Avian demography. *Cur. Ornithol.* 1. p.p. 1-32.
- Ricklefs R.E. (1993). Sibling competition, hatching asynchrony, incubation period and life span in altricial birds. *Current Ornithology*, vol. 11 (ed. Power D.M.). p.p. 199-276.
- Robinson R.A., Crick H.Q.P. & Peach W.J. (2003). Population trends of swallows *Hirundo rustica* breeding in Britain. *Bird Study* 50. p.p. 1-7.
- Roff D.A. (1992). *The evolution of life histories: theory and analysis*. Chapman & Hall, New York.
- Roff D.A. (2002). *The evolution of life histories*. Chapman & Hall, London.
- Royama T. (1966). Factors governing feeding rate, food requirement and brood size of nestling Great tits (*Parus major*). *Ibis* 108. p.p. 513-547.
- Safran R. (2010). Barn Swallows: Sexual and Social Behavior. *Encyclopedia of Animal Behavior*, vol. 1, p.p. 139-144.
- Saino N.R.P., Ferrari, M., Romano R., Ambrosini R. & Moller A.P. (2002) Ectoparasites and reproductive trade-offs in the Barn Swallow (*Hirundo rustica*). *Oecologia*, 133.p.p. 139-145.
- Sakraoui R. (2003). Biologie de la reproduction des populations de l'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica rustica*) dans le Nord-Est algérien. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. 77p.
- Sakraoui R., Dadci W., Chabi Y. & Banbura J. (2005). Breeding biology of Barn Swallows *Hirundo rustica* in Algeria, North Africa. *Ornis Fennica*. 82. p.p. 33-43.
- Savignac C. (2011). L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) au Canada. Evaluation et rapport de situation du COSEPAC. p.p. 1-55.
- Schew W.A. & Ricklefs R.E. (1998). Developmental plasticity. p.p. 288-304. in journal Stark M. & Ricklefs R.E., eds. *Avian Growth and Development. Evolution within the Altricial-Precocial Spectrum*. Oxford University Press, New York.
- Schmidt-Wellenburg C.A. (2007). Costs of migration short- and long-term consequences of avian endurance flight. doctoraat in de Wiskunde en Natuurwetenschappen. Rijksuniversiteit groningen. 159 p.

- Schulze-Hagen K.(1970). Contribution on the food of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*), [Ein Beitrag zur Ernährung der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*)]. *Charadrius*, 1970, 6.p.p. 81-90 (in Turner A.K. (2006). *The Barn Swallow*, Poyser, London).
- Shaffer S. A., Costa D. P., & Weimerskirch H. (2003). Foraging effort in relation to the constraints of reproduction in free-ranging albatrosses. *Functional Ecology* 17. p.p. 66-74.
- Cherry T. W. & Holmes R. T. (1995). Summer versus winter limitation of populations: what are the issues and what is the evidence? in T. E. Martin and D. M. Finch, ecology and management of Neotropical migratory birds. Pages 85 - 120. Oxford university Press. New York. New York. USA.
- Shields W.M., Crook J.R., Hebblethwaite M.L. & Wiles-Ehmann S.S. (1988). Tdeal tree coloniality in the swallows. In Slobodchikoff C.N. (ed.), *The Ecology of Social Behavior*. p.p. 189-228.
- Shirihai H. (2008). Rediscovery of Beck's Petrel *Pseudobulweria becki*, and other observations of tubenoses from the Bismarck archipelago, Papua New Guinea. *Bull. Brit. On. CI*. 128: 3-16.
- Siegel R.B., Weathers W.w.& Beissinger S.R. (1999). Assessing parental effort in a Neotropical parrot: a comparison of methods. *Anim. Behav.* 57. p.p. 73 79.
- Siriwardena G.M., Baillie S.R., Buckland S.T., Fewster R.M., Marchant J.M. & Wilson J.D. (1998). Trends in the abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common Birds Census indices. *Journal of Applied Ecology* 35. p.p. 24-43.
- Swaddle J. P. & Biewener A. A. (2000). Physiology Exercise and reduced muscle mass in starlings. *Nature*, London, 406. p.p. 585-586.
- Smiddy P. & O'Halloran J. (2010). Breeding biology of Barn Swallows *Hirundo rustica* in Counties Cork and Waterford, Ireland, *Bird Study*, 57, 2. p.p. 256-260.
- Sparks T. & Tryjanowski P. (2007). Patterns of spring arrival dates differ in two Hirundines. *Climate Research* 35. p.p. 159-164.
- Szép T., Moller A.P. (2000). Exposure to ectoparasites increases within-brood variability in size and body mass in the sand martin. *Oecologia* 125. p.p. 201-207.
- Thellesen P.V. (1976). En landsvalebestand paen enkelt guard, gennem 5 ar fra 1971 til 1975. *Falken*. p.p. 6 -23.
- Trivers R.L. (1972). Parental investment and sexual selection. In: *Sexual Selection and the Descent of Man, 1871-1971* (B. Campbel, ed). p.p. 136 - 179.
- Tryjanowski P, Karg M.K. & Karg J. (2003). Diet composition and prey choice by the Red-backed Shrike *Lanius collurio* in western Poland. *Belg. J. Zool.*, 133. p.p. 157-162.
- Turner A.K. (1982). Optimal foraging by the swallow (*Hirundo rustica*, L.): prey size selection. *Anim. Behav.* 30. p.p. 862- 872.
- Turner A. & Rose C. (1989). *Swallow and Martin's identification guide*. Houghton Mifflin Co.. Boston.
- Turner A.K. (2006). *The Barn Swallow*. London: T & AD Poyser.

- Tveraa T., Satcher B.E., Aanes R. & Erikstad K.E. (1998). Regulation of food provisioning in the Antarctic Petrel; the importance of parental body condition and chick or body mass. *J. Anim. Ecol.* 67. p.p. 699 - 704.
- Van Balen J.H. (1973). A comparative study of Great Tit *Parus major* in different habitats. *Ardea*, 61. p.p. 1-9.
- Vickery J.A., Tallowin J.R., Feber R.E., Asteraki E.J., Atkinson P.W., Fuller R.J. & Brown V.K. (2001). The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. *Journal of Applied Ecology* 38. p.p. 647-664.
- Walter D.E. & Proctor H.C. (1999). *Mites: ecology, evolution and behavior*. University of New South Wales Ltd, Sydney.
- Waught D.R. (1978). *Predation strategies in aerial feeding birds*. Ph.D. thesis, Stirling University.
- Weddle, C.B. (2000). Effects of ectoparasites on nestling body mass in the house sparrow. *The Condor* 102. p.p. 684 687
- Wikel S.K., Alarcon - Chaidez F.J. (2001). Progress toward molecular characterization of ectoparasites modulation of host immunity. *Veterinary Parasitology* 101. P-p. 275-287.
- Williams G. C. (1966). Natural selection, the costs of reproduction, and a refinement of Lack's principle. *American Naturalist*, 100. p.p. 687 - 690.
- Zera A & Harshman L.G. (2001). The physiology of life history trade-offs in animals. *Annual Review of ecology and systematic*, 32. p.p. 95 - 126.



---

# ANNEXES

## Breeding biology of Barn Swallows *Hirundo rustica* in Algeria, North Africa

Rym Sakraoui, Walid Dadci, Yassine Chabi & Jerzy Bańbura\*

*Sakraoui, R., Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University, B.P. 12, Annaba, Algeria*

*Dadci, W., Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University, B.P. 12, Annaba, Algeria*

*Chabi, Y., Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University, B.P. 12, Annaba, Algeria*

*Department of Experimental Zoology and Evolutionary Biology, University of Łódź, Banacha 12/16, 90-237 Łódź. jbanb@biol.uni.lodz.pl (\* Corresponding author)*

*Received 2 March 2004, Accepted 1 October 2004*

Breeding biology of the Barn Swallow *Hirundo rustica* was compared between the first and second clutches in Annaba, Algeria, in 2001–2003. Swallows nested in different buildings used by humans, including factories, garages, staircases and balconies in blocks of apartments. 55%–69% of breeding pairs produced two clutches. The average dates of the onset of first clutches were between 21 April (2003) and 21 May (2002). Average clutch size was 4.60–4.85 eggs for the first brood and 3.18–4.06 for the second brood. There was a clear negative relation between clutch size and laying date. Nest height, nest diameter, nest depth, cup diameter and cup depth did not differ between first and second clutches. Clutch size, number of hatchlings and fledglings differed between the first and second broods, being greater in first clutches. Egg length, breadth and volume did not differ between the first and second clutches. High repeatabilities (0.63–0.92) in these egg traits were detected. This indicates that there exists high variation in the egg traits between clutches laid by different females. The heights at which nests were constructed and nest shape were shown to influence hatchability; nests with deeper cups, located at lower height were more successful. Comparison with other populations shows that the proportion of pairs that produced second clutches decreased with increasing latitude. Our results indicate that extreme southern breeding populations of Barn Swallows show some specific features which need further study.



### 1. Introduction

The Barn Swallow *Hirundo rustica* is widespread throughout the Western Palearctic (Cramp 1988, Turner 1994), but local declines in populations in many areas have been recently reported (Tucker &

Heath 1994, Robinson et al. 2003). Very little is known about any population trends or breeding biology of Barn Swallows in North Africa (Etchecopar & Hue 1964, Cramp 1988, Turner 1994). Møller (1984) found no data concerning North African populations while preparing his pa-

per on geographic trends in reproductive variables of Barn Swallows. However, this area seems especially interesting as it constitutes a southern edge of the species breeding area and, as a consequence, some special tendencies in reproductive characteristics could be expected (cf. Møller 1984, Garcia & Arroyo 2001).

Lack (1947) put forward a hypothesis that latitude-related trends in breeding characteristics should be expected because day length increases with latitude, which enables birds to feed longer at high latitude sites. As a result of parents being capable of raising more nestlings, a selection pressure favouring bigger clutches would be expected. This effect could concur with the effect of seasonally relaxed competition for food in northern populations, as suggested by Ashmole (1963). On the other hand, a time window for producing more than one brood during the season may be narrower in those populations, so that a smaller proportion of multi-broodedness in high latitude populations could be predicted (Møller 1984). We think that such predictions can be valid for continental Europe, but we suppose that conditions prevailing at the extremes of the breeding area can be variable, resulting in disturbing general patterns (e.g. Garcia & Arroyo 2001). Productivity of aerial insects, especially big flies that compose an important part of the Swallow diet, is sensitive to weather conditions (Bryant 1975, Karg 1980, Bañbura & Zieliński 1998b). On the other hand, the start and the end of the breeding season are limited by the time range of the dry season which tends to differ from year to year (Bakaria et al. 2002). Consequently, the availability of flies seems to be variable and not to show so consistent declining trend within the breeding season as it does in the case of tree canopy insects in deciduous forests (Bryant 1975, Bañbura & Zieliński 1998b, Blondel et al. 1999). The anthropogenic habitats of Barn Swallows may still further modify insect availability. The resulting trophic conditions influence breeding biology of Swallows.

The main objectives of this study were: 1) to characterize nesting; 2) to characterize timing of egg laying and its consequences for other life history traits; 3) to obtain reliable data on clutch size, egg characteristics and breeding success; 4) to explore relationships between different reproductive characteristics.

We predicted that the reproductive performance of Barn Swallows occupying the North African part of the species breeding area, characterised by extreme and changeable environmental conditions, would show some special features. In particular, we expected that the reproductive traits might not strictly conform to potential geographic patterns of variation. We also predicted that the typical pattern of first broods being more successful than second broods in many double-brooded birds would vary between years in Swallows.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Study area

The study of Barn Swallows was conducted in Annaba, Algeria (37° N, 8° E) in 2001–2003. The climate of Annaba is the sub-wet version of the Mediterranean-type climate, with one hot and dry season between May and September, and with a mild and wet season from October to April. The rainfall ranges from 650 to 1,000. mm per year. The study area included extensive suburbia of Annaba, with many blocks of apartments, factories and garages, south of the city centre. The province of Annaba covers c. 1,400 km<sup>2</sup>, with population of about 550 thousand people. Some sheds in which domestic animals were kept were present in that area, but by contrast to more northern areas, they were only occasionally used by Swallows to nest. Our observations (unpublished) suggest that most Swallows nested in different kinds of buildings utilized by humans, where doors, windows or other elements of construction were kept open, which enabled birds to easily fly into and out.

### 2.2. Breeding characteristics

Nests were found in a fruit-processing factory, in a car service workshop and in blocks of flats, especially in staircases and in balconies of such blocks. The observation of the Swallow activity during the pre-laying time was the main method of searching for potential nest sites. Once found, the nests were controlled once a week or more frequently to monitor the course of breeding and to record basic reproductive variables. The study included the sec-

ond brood in 2001 and the entire breeding seasons in 2002–2003. Therefore the data collected in 2001 were used only in some analyses.

In 2002, the distance between the nest base and the floor level (hereafter called nest site height) was measured to the nearest 1 cm using a rolled tape. The following nest variables were measured to the nearest 1 mm with a ruler: external diameter, depth, cup diameter and cup depth (terminology by Hansell 2000).

### 2.3. Data and analysis

The date of the first egg laying was established by direct observation or calculated assuming that one egg was laid per day. The number of eggs was recorded in complete clutches. In 2001–2002, the egg length (L) and breadth (B) were measured to the nearest 0.05 mm with calipers and volume (V) in cubic centimeters was calculated according to the formula of Manning (1979) worked out for the American Barn Swallow:  $V = 0.000507 * L * B^2$ . All characteristics related to egg dimensions are presented as means per clutch to avoid the non-independence of egg traits within clutches (Bańbura & Zieliński 1990, Zieliński & Bańbura 1998a).

Individual egg measurements were used in one-way ANOVAs in order to estimate within- and between-clutch variance components which were presented as repeatabilities (see Lessels & Boag, 1987; Bańbura & Zieliński, 1990, 1998a). One-way ANOVAs with standard sums of squares and degrees of freedom were conducted on egg lengths, breadths and volumes in particular clutches (Sokal & Rohlf 1995). Intraclass correlations, being the statistical measure of repeatability (Sokal & Rohlf 1995, Lessels & Boag 1987), for these egg traits were calculated according to the formula:

$$R = (V_a - V_w) / [V_a + (n_0 - 1)V_w]$$

where  $V_a$  is the among clutch mean square,  $V_w$  is the within clutch mean square,  $n_0$  is an adjusted mean clutch size and is given by:

$$n_0 = \left[ \sum_{i=1}^a n_i - \left( \frac{\sum_{i=1}^a n_i^2}{\sum_{i=1}^a n_i} \right) \right] / (a-1),$$

where  $n_i$  is the number of eggs in the  $i$ -th clutch and  $a$  is the number of clutches.

The number of hatchlings and the number of fledglings were established by counting in respective stages of broods.

The data were analysed by standard parametric and non-parametric methods (Sokal & Rohlf 1995). In the analysis of the within-clutch proportion of eggs that produced fledglings (binomial error), the generalized linear model approach was applied (Dobson 1990). Original nest characteristics were used to calculate principal components considered as indices of nest size and shape for further analysis. All analyses and calculations were carried out using MS Excel, GLIM 3.7 and STATISTICA 5.5 (StatSoft 1997).

In order to test for geographic patterns in reproductive trait variation in the Barn Swallow, we conducted a literature search. We limited the search to the papers published after 1970 that contained information on sample sizes, clutch size in the first and second broods, and on the proportion of pairs producing second broods. Moreover, we focused on continental parts of the Western Palearctic.

## 3. Results

### 3.1. Characteristics of nesting

According to the data of 2002, nest height, nest diameter, nest depth, cup depth and cup diameter did not differ between the first and second clutches (Table 1). Nests were constructed at 2.5 to 4.9 m of height above the floor level, with mean value for the first clutch in 2002 being  $3.9 \text{ m} \pm 0.16 \text{ (SE)}$ ,  $n = 26$ . This mean value did not differ between the first and second clutches ( $4.0 \pm 0.12 \text{ (SE)}$ ,  $n = 18$ ) ( $t_{42} = -0.53$ , NS).

We used principal component analysis to get multivariate indices of nest traits. Two principal components extracted explained 80.3% of variation in original traits: PC1 – was strongly positively correlated with nest external diameter, cup diameter and cup depth (loadings 0.88, 0.98 and 0.46, respectively); PC2 – was positively correlated with nest depth, and external diameter, and negatively correlated with cup depth (loadings 0.79, 0.31 and  $-0.71$ ) (Table 1). PC1 is interpreted

Table 1. Mean values of Barn Swallow nest characteristics in the first and second clutches in Annaba, 2002 (n = 26 and n = 18, respectively).

Variable	First clutches Mean ± SE	Second clutches Mean ± SE	t	P
Nest height (m)	3.9 ± 0.16	4.0 ± 0.12	0.53	0.600
Nest diameter (cm)	10.29 ± 0.21	10.46 ± 0.25	0.52	0.602
Nest depth (cm)	9.48 ± 0.49	9.78 ± 0.67	0.37	0.716
Cup diameter (cm)	8.55 ± 0.22	9.12 ± 0.34	1.50	0.142
Cup depth (cm)	5.01 ± 0.15	5.11 ± 0.28	0.36	0.717
PC1	-0.15 ± 0.18	0.22 ± 0.26	1.22	0.227
PC2	-0.08 ± 0.12	0.11 ± 0.33	0.60	0.553

as an index of nest size, whereas PC2 as an index of shape. They were used to test a potential influence of nest traits on breeding performance of Barn Swallows.

### 3.2. Breeding performance in relation to the timing of breeding

Most pairs of Barn Swallows, 69.23% (n = 26) in 2002 and 55% (n = 20) in 2003, produced two clutches. No third brood was recorded. First clutches were initiated between the 8 April and the 17 June in 2002 and between 31 March and 2 June in 2003; with mean laying date being much earlier in 2003 (Table 2). Second clutches started between 5 June and 8 July in 2001, from 4 June to 31 July in 2002 and between 15 June and 12 July in 2003; the differences were not significant (Table 2).

Clutch size, number of hatchlings and fledglings differed between the first and second

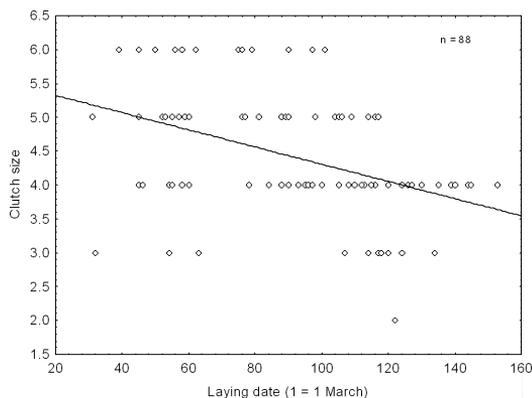


Fig. 1. Clutch size in relation to laying date in Annaba Barn Swallows in 2001–2003.

clutches, being greater in the first clutches (Table 2). Moreover, clutch sizes were also different between years 2002 and 2003 (Table 3). The number of hatchlings did not differ between years (Table 3). The number of fledglings differed between broods, but in that case, a relatively low number of

Table 2. Average dates of egg laying in the first and second brood in 2001 (only 2nd brood) – 2003. One-way ANOVAs were used to test for year effects.

Brood	Means ± SE (N) for year		
	2001	2002	2003
First	–	21 May ± 2.62 (26)	21 April ± 2.99 (20)
Second	20 June ± 3.78 (13)	29 June ± 3.21 (18)	27 June ± 4.11 (11)

Year effect for 1<sup>st</sup> brood:  $F_{1,44} = 56.21$ ;  $P < 0.001$   
 Year effect for 2<sup>nd</sup> brood:  $F_{2,39} = 1.76$ ;  $P = 0.19$

Table 3. Average clutch size, hatchling number and fledgling number in the first and second brood in 2002–2003. Two-factor ANOVAs were used to test for year and brood effects.

Variable	Mean $\pm$ SE (N)		Effects	F <sub>1,71</sub>	P
	2002	2003			
Brood					
Clutch size			Year	9.3	<0.004
First	4.85 $\pm$ 0.15 (26)	4.60 $\pm$ 0.17 (20)	Brood	36.2	<0.001
Second	4.06 $\pm$ 0.18 (18)	3.18 $\pm$ 0.23 (11)	Year*Brood	2.9	NS
Hatchlings			Year	3.24	NS
First	4.42 $\pm$ 0.20 (26)	4.40 $\pm$ 0.23 (20)	Brood	36.70	<0.001
Second	3.33 $\pm$ 0.23 (18)	2.45 $\pm$ 0.31 (11)	Year*Brood	3.12	NS
Fledglings			Year	0.12	NS
First	3.38 $\pm$ 0.31 (26)	4.30 $\pm$ 0.35 (20)	Brood	14.27	<0.001
Second	3.00 $\pm$ 0.37 (18)	1.82 $\pm$ 0.47 (11)	Year*Brood	7.64	<0.008

fledglings in the first brood was accompanied by a relatively high number in the second brood in 2002, whereas a high first brood fledgling number was associated with a low second brood fledgling number in 2003. Consequently, an effect of interaction between brood and year turned out significant (Table 3).

There was a clear negative correlation between clutch size ( $r = -0.41$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 88$ ; Fig. 1), hatchling number ( $r = -0.71$ ,  $n = 88$ ,  $P < 0.0001$ ) and fledgling number ( $r = -0.54$ ,  $n = 88$ ,  $P < 0.0001$ ) and the laying date in the breeding season over the three years of the study pooled. The same tendency was also observed within the study years considered separately. In the case of clutch size the following correlations were found  $r = -0.67$  ( $n = 13$ ) in 2001,  $r = -0.64$  ( $n = 44$ ) in 2002, and  $r = -0.60$  ( $n = 31$ ) in 2003. It is interesting that in spite

of this tendency and in spite of the fact that the laying the first clutch started earlier in 2003 than in 2002, clutch size was lower in 2003 (Tables 2 and 3).

### 3.3. Characteristics of eggs

Egg length, egg breadth and egg volume did not differ between the first and the second clutches (Table 4). Egg length ranged from 16.9 to 21.05 mm, breadth from 12.8 to 14.8 mm and volume from 1.55 to 2.22 cm<sup>3</sup>. Thus, in terms of volume, the largest egg was 43% larger than the smallest one. Most of the variability in egg traits was accounted for by variation among females, as shown by very high within-clutch repeatabilities (Table 5).

Table 4. Characteristics of Barn Swallow eggs in Annaba in 2002, with per-clutch mean as the observation unit, resulting in n given.

Variable	Clutch	Mean	SE	n	t <sub>20</sub>	P
Egg length (mm)	1	19.3	0.89	12	-0.55	0.586
	2	19.5	0.62	10		
Egg breadth (mm)	1	13.9	0.42	12	-0.18	0.862
	2	13.9	0.42	10		
Egg volume (cm <sup>3</sup> )	1	1.90	0.05	12	-0.39	0.698
	2	1.92	0.04	10		

Table 5. Repeatability of the Barn Swallow egg traits in Annaba in the first clutch 2002 and in all clutches 2001–2002 pooled.

Variable	1 <sup>st</sup> clutch 2002 (n <sub>0</sub> = 4.81)			2001–2002 pooled (n <sub>0</sub> = 4.46)		
	R	F <sub>10,42</sub>	P	R	F <sub>27,97</sub>	P
Egg length	0.76	15.9	<0.001	0.63	8.6	<0.001
Egg breadth	0.92	58.0	<0.001	0.68	10.7	<0.001
Egg volume	0.88	36.9	<0.001	0.70	11.4	<0.001

### 3.5. Breeding success

Overall, in all 57 clutches studied, hatchability ranged from 50% to 100%, and was on average  $88.5\% \pm 2.2$  (SE), fledging success and breeding success ranged from 0% to 100%, on average  $80.1\% \pm 4.3$  (SE) and  $70.6\% \pm 4.3$  (SE), respectively. Binomial variables characterising hatchability, fledging success and breeding success of particular clutches were further analysed to check for potential influences of nest, egg and other breeding characteristics. Most of these analyses included only the first clutch in 2002 due to the sample size.

Hatchability, fledging success and breeding success were negatively influenced by laying date (generalized linear models:  $\chi^2_1 = 18.8$ ,  $P < 0.0001$  for hatchability,  $\chi^2_1 = 15.5$ ,  $P < 0.0001$  for fledging success, and  $\chi^2_1 = 14.7$ ,  $P = 0.0001$  for breeding success).

Hatching success was related to the height of nest sites above the floor level and nest shape as measured by PC2 (Table 6), with a contrast in PC2 between nests with 100% hatching success and

Table 6. Influence of nest and nesting characteristics on hatching success of Barn Swallow clutches as indicated by a generalised linear model with nesting characteristics as linear predictors and the number of hatchlings in relation to clutch size as a binomial dependent variable. The first clutch in 2002 is considered.

Nesting characteristic	$\chi^2_1$	P
Nest site height	11.1	0.002
PC1	1.4	0.233
PC2	5.6	0.018

those with a lower success being  $-0.17$  v.  $0.27$ . This essentially means that nests with a deeper cup in relation to cup diameter were more successful. Nests with clutches of eggs hatched in 100% were located slightly lower above the floor level than those, which partly failed (390 cm v. 395 cm). An analogous contrast between mean values of PC1 was  $-0.02$  v.  $-0.19$ .

Also egg size, as measured by per-clutch mean volume, positively influenced hatching success

Table 7. Average first clutch size, second clutch size and percentage of pairs producing the second brood multiple and partial correlations with geographical coordinates in 28 sites in the Western Palearctic. Sources of data: Alatalo 1976, Al-Rawy &amp; George 1966, Bańbura &amp; Zieliński 1998, Beser 1968, Beser 1974, Brichetti 1992, De Lope 1983, Dimarca &amp; Lo Valvo 1987, Hemery et al. 1979, Herroelen 1959, Kondelka 1985, Kuźniak 1967, Löhr &amp; Gutscher 1973, Loske 1989, McGinn &amp; Clark 1978, McGinn 1979, Meier 1978, Møller 1984, Nitecki 1964, Radermacher 1970, Ribaut 1982, Thellessen 1976, and Turner 1980.

Partial R with the other factor controlling for:							
Variable	N	R	P	Longitude	P	Latitude	P
1 <sup>st</sup> clutch size	28	0.41	0.09	-0.14	0.49	0.35	0.07
2 <sup>nd</sup> clutch size	28	0.25	0.43	0.23	0.25	-0.04	0.84
2 <sup>nd</sup> clutch %	27	0.48	0.04	-0.48	0.01	-0.19	0.36

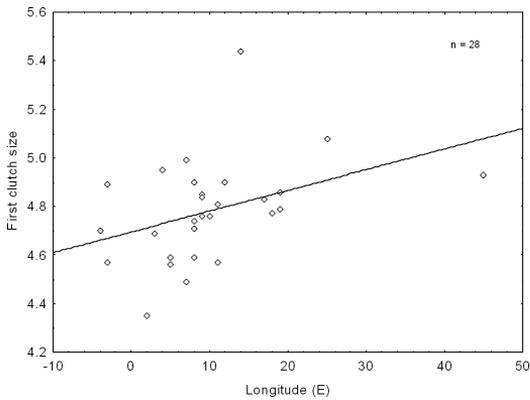


Fig. 2. Clutch size in the first brood in relation to longitude in Western Palearctic Barn Swallows. Latitude is given in degrees East, so that the numbers smaller than 0 mean latitude in degreed West. Sources of data are given in Table 7.

( $\chi^2_1 = 12.78, P = 0.0003$ ). As a consequence, mean volume of completely successful clutches was  $1.91 \text{ cm}^3$  whereas it was  $1.87 \text{ cm}^3$  for clutches which partially failed.

### 3.6. Geographical variation in basic reproductive characteristics

There are some indications of a pattern in geographic variation in Swallow breeding characteristics in the Western Palearctic (Table 7). There is a tendency for the first clutch size to increase with longitude (Fig. 2). A significant negative relation between the proportion of pairs producing second broods and longitude is clear (Fig 3).

## 4. Discussion

It is well known that in the Western Palearctic Barn Swallows prefer buildings in which livestock is kept as their nest sites, with no clear influence of the type of livestock on the breeding performance being reported (Vietinghoff-Riesch 1955, Møller 1983, Cramp 1988, Turner 1994). In most European countries they rarely nest in towns, but in the Middle East and North Africa it happens very often (Turner 1994). This seems associated with the tendency to nest in buildings that are not used to keep domestic animals, as it was the case in the

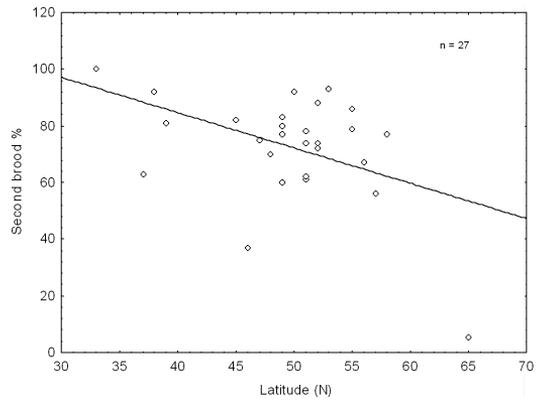


Fig. 3. Percentage of pairs producing second broods in relation to latitude (in degrees North) in Western Palearctic Barn Swallows. Sources of data are given in Table 7.

present study or in the Iraqi study (Al-Rawy & George 1966, Sakraoui in prep.). Because the buildings used for nesting can have different design, and Barn Swallows place the nest close to the ceiling, on walls or beams, the height of nest sites is constrained by the distribution of suitable sites (Pikula & Beklova 1987). The height distribution observed in Annaba is well within the range reported in the literature (e.g. Al-Rawy & George 1966, Pikula & Beklova 1987, McGinn & Clark 1978). However, in any case the height may have important consequences for breeding success. Because we did not record any human disturbance, we suspect that a possible reason for the observed influence of the nest site height on hatching success may result from a physical factor, possibly from temperature changing with the distance from the floor and from the ceiling.

Turner (1994) reports that Swallows start laying in March in North Africa and southern Spain. We recorded first egg laying on the last day of March in one year and about one week later in the other year. A difference in mean laying date of the first brood between the two years of the complete study was one month. This means that laying dates may be highly variable in Algeria, which would be expected at the edge of the breeding area of avian species (cf. Sanz 1997, Garcia & Arroyo 2001). The start of laying seems to result from a plastic reaction to environmental clues. Weather certainly influences insect food of Swallows (Turner 1980,

1994), resulting in different springs being variable with respect to trophic conditions. Swallows arrive at Annaba in mid-January, which gives them ample time to assess particular spring conditions. Laying dates reported by Al-Rawy & George (1966) for Barn Swallows in Baghdad, located at latitude similar to our study site, seem earlier than those in Annaba. They observed that Swallows started laying their first eggs during the first week of March. Taking into consideration the fact that the laying of the last clutches during the breeding season is limited to the first week of June in Baghdad, it means that the whole breeding season of the Annaba population is postponed c. 3–4 weeks, in spite of a very similar day length. The difference in the timing of breeding is probably caused by a difference in climatic conditions between Annaba (sub-wet Mediterranean climate) and Baghdad (dry continental climate). The climatic conditions in the late part of the breeding season, being very severe for the dry continental climate, may constrain a possibility of successful breeding and thus enforce as early breeding as possible.

In contrast to Møller (1984), we found no geographic trend was found for the second clutch size. This type of analysis is limited by a lack of reliable comparative data. This lack of data is especially clear for the extreme regions of the Swallow breeding area, in particular for North Africa, Middle East and North Europe, for which only single published data sets are available. This paper provides an important data point, but further studies are obviously needed for a more complete comparative analyses.

A between-location comparison of breeding traits is complicated by inter-year differences. However, it seems that mean clutch size in both Annaba and Baghdad populations of Barn Swallows is similar and relatively high, 4.60–4.85 and 4.93 for the first brood, and 3.18–4.06 and 4.07 for the second brood, for the two populations, respectively. In a little more northerly localized Spanish population studied in Extremadura mean clutch sizes are 4.99 in the first brood, 4.52 in the second brood, and 3.89 in the third brood (de Lope 1983). For comparison, mean clutch size in a much more northerly living population in central Poland is 4.86 for the first brood, and 4.47 for the second brood (Bańbura & Zieliński 1998b).

A decline in clutch size during the course of the

reproductive season shown in this paper is typical of all the Western Palearctic populations analysed (Lohrl & Gustscher 1973, McGinn & Clark 1978, Kondelka 1985, Bańbura 1986, Cramp 1988, Loske 1989, Bańbura & Zieliński 1998b). The declining trend occurs consistently both between and within years. Klomp (1970) and Crick et al. (1993) suggest that this type of trend is characteristic for single-brooded rather than multi-brooded bird species. The reason is that the latter should start breeding as early as possible, even well before a trophically optimal time, in order to be able to produce the second brood. This would result in an initial increase and then decline of clutch size during the breeding season. Again, the data on Algerian Barn Swallows conform to a version of Crick et al.'s (1993) hypothesis, modified for long-distance migrant species (cf. Bańbura & Zieliński 1998b). Breeding time of such species is limited by the time of arrival from winter quarters.

The geographic pattern of distribution of multi-broodedness is also complicated, as shown by Møller (1984). Three broods per year are absent in northern populations including Polish ones (Bańbura & Zieliński 1998b), but happen in increasing frequency in more westerly and southerly-located areas, as Westphalia (Loske 1989) or Spain (de Lope 1983). Our data on Algerian Swallows and Al-Rawy and George's (1966) data on an Iraqi population suggest that further in the South only two broods are possible again. It is most probably associated with the summer becoming progressively very dry in North Africa and the Middle East. Thus, producing only two broods per season, observed in both these populations, is probably a result of climatic and day light constraints correlated with latitude. It is interesting that Aristotle described the Barn Swallow as a double-brooded species in his *Historia animalium* in the 4<sup>th</sup> century BC. It is evident that his observations concerned Greek populations, quite close in latitude to the two southern populations mentioned above.

We found an egg volume of c. 1.9 cm<sup>3</sup> as well as egg linear dimensions that are similar to sizes reported for other Western Palearctic areas (Cramp 1988, Bańbura & Zieliński 1995, 2000, Ward 1995, Zieliński & Bańbura 1998), suggesting that there is no clear geographic pattern. Within-clutch repeatabilities of all egg characteristics are very high; with values ranging from 0.76

to 0.92 in the first brood they belong to the highest values reported in the literature (Bańbura & Zieliński 1998a, 2000). The repeatabilities calculated for all clutches pooled are a little lower. This is reasonable, as different clutches of the same females were not controlled and discriminated, which could obviously decrease between-female component of variance (Sokal & Rohlf 1995).

We consider our findings concerning effects of different reproductive traits on hatchability, fledging success and breeding success very important. The influence of the timing of breeding is perhaps the most obvious relationship. It suggests that environmental conditions for reproduction indeed become progressively worse during the course of the breeding season. This should generate a selective pressure for smaller broods, the result that is in fact reported here. The negative influence of the height of nest above the floor level on hatchability seems less reasonable. It might result from the air temperature close to the ceiling being too high. The reported effect of a principal component nest shape index (PC2) may reflect some incubation-related properties of nests. Furthermore, nest building behaviour of Barn Swallow males is known to undergo sexual selection (Soler et al. 1998), which could potentially affect nest shape and breeding performance, resulting in subtle associations between nest characteristics and hatchability.

Any effect of egg size on hatchability is rarely reported in the literature (Williams 1994). The reason may be that most studies are conducted in the middle of avian species geographic areas. The influence of egg size on breeding success is probably more important in the extreme conditions experienced around the limits of the breeding area, as in the case of Algerian Swallows.

*Acknowledgements.* We thank P. Zieliński, anonymous referees and the Editor for helpful comments on previous drafts of the paper. We are grateful to E. Collins for checking the English of this paper.

### **Haarapääskyn *Hirundo rustica* lisääntyminen Algeriassa**

Algeriassa vuosina 2001–2003 kaksi pesyettä kaudessa tuottaneiden haarapääskyjen lisääntymisestä verrattiin ensimmäisen ja toisen poi-

kukeen välillä. Tutkimuksen parit pesivät rakuksissa ja 55%–69% pareista tuotti kaksi pesyettä. Vuonna 2003 ensimmäisen pesyeen muninta aloitettiin keskimäärin 21.4. ja vuonna 2002 21.5. Ensimmäisessä pesyessä oli keskimäärin 4,60–4,85 munaa ja toisessa 3,18–4,06. Pesyekoko oli sitä pienempi, mitä myöhemmin pesintä aloitettiin. Pesän korkeus, halkaisija, pesäkuopan syvyys tai sen halkaisija eivät eronneet ensimmäisen ja toisen pesyeen välillä.

Munien lukumäärä sekä pesäpoikueiden ja lentopoikueiden koot erosivat ensimmäisen ja toisen pesyeen välillä, kun taas munien mittoissa (leveys, pituus, tilavuus) ei ollut eroja. Munamittojen toistuvuuskerroin oli (0,63–0,92), mikä viittaa siihen, että munien ominaisuuksissa on naaraasta riippuvaa suurta vaihtelua. Pesän muoto ja sen sijainti vaikuttivat munien kuoriutuvuuteen. Pesisä, jotka oli rakennettu matalalle ja joissa oli syvä kuoppa, poikaset kuoriutuivat munista varmimmin. Vertailtaessa tutkimuspopulaatiota muihin populaatioihin kävi ilmi, että kaksi pesyettä tuottavien parien määrä väheni etelästä pohjoiseen. Tutkimuksemme osoittaa, että haarapääskyn eteläisillä tutkimuspopulaatioilla on ominaisuuksia, joita tulisi tutkia jatkossakin.

## **References**

- Alatalo, R. 1976: Haarapääskyn *Hirundo rustica* pesinnästä Oulussa vuosina. — *Lintumies* 11: 81–87.
- Al-Rawy, M. & George, P. V. 1966: Preliminary report on the breeding biology of the Common Swallow *Hirundo rustica* Linnaeus in Baghdad. — *Bull. Biol. Res. Ctr.* 2: 57–61.
- Ashmole, N.P. 1963: The regulation of numbers of tropical oceanic birds. — *Ibis* 103: 458–473.
- Bakaria, F., Rizi, H., Ziane N., Chabi, Y. & Bańbura, J. 2002: Breeding ecology of Whiskered Terns in Algeria, North Africa. — *Waterbirds* 25: 56–62.
- Bańbura, J. & Zieliński, P. 1990: Within-clutch repeatability of egg dimensions in the black-headed gull *Larus ridibundus*. — *Journal of Ornithology*. 131: 305–310.
- Bańbura, J. 1986: Sexual dimorphism in wing and tail length as shown by the swallow, *Hirundo rustica*. — *Journal of Zoology (London)* 210: 131–136.
- Bańbura, J. & Zieliński, P. 1995: A clear case of sexually selected infanticide in the swallow *Hirundo rustica*. — *Journal of Ornithology* 136: 299–301.
- Bańbura, J. & Zieliński, P. 1998a: An analysis of egg-size repeatability in Barn Swallows *Hirundo rustica*. — *Ardeola* 45: 183–192.

- Bañbura, J. & Zieliński, P. 1998b: Timing of breeding, clutch size and double-broodedness in Barn Swallows *Hirundo rustica*. — *Ornis Fennica* 75: 177–183.
- Bañbura, J. & Zieliński, P. 2000: Repeatability of reproductive traits in female Barn Swallows. — *Ardea* 88: 75–80.
- 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: 181–192.
- Beser, H. J. 1974: Zur Brutbiologie der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) in zwei Ortschaften des Niederrheins. — *Charadrius* 10: 81–90.
- Blondel J., Dias P., Perret P., Maistre M., Lambrechts M.M. 1999: Selection-based biodiversity at a small spatial scale in a low-dispersing insular bird. — *Science* 285: 1399–1402.
- Brichetti, P. 1992: Egg biometry and clutch size in some species of Charadriiformes and Passeriformes breeding in Italy. — *Riv. Ital. Orn.* 62: 136–144. (In Italian with English summary)
- Bryant, D. M. 1975: Breeding biology of house martins *Delichon urbica* (L.) in relation to aerial insect abundance. — *Ibis* 117: 180–216.
- Cramp, S. (Ed.) 1988: Handbook of Birds of Europe, the Middle East and North Africa. Vol. V. — Oxford University Press, Oxford.
- Crick, H. O. P., Gibbons, D. W. & Magrath, R. D. 1993: Seasonal changes in clutch size in British birds. — *Journal of Animal Ecology* 62: 263–273.
- De Lope, F. 1983: Reproduction of *Hirundo rustica* in Extremadura (Spain). — *Alauda* 51: 81–91.
- Dimarca, A. & Lo Valvo, M. 1987: Data on the breeding biology of the Swallow, *Hirundo rustica*, in Sicily. — *Riv. Ital. Orn.* 57: 85–96. (In Italian with English summary)
- Dobson, A. J. 1990: An Introduction to Generalized Linear Models. — Chapman and Hall, London.
- Etchecopar, R.D. & Hue, F., 1964: Les Oiseaux du Nord de l'Afrique. — Editions N. Boubée & C., Paris.
- Garcia, J. T. & Arroyo, B. E. 2001: Effects of abiotic factors on reproduction in the centre and periphery of breeding ranges: a comparative analysis in sympatric barriers. — *Ecography* 24: 393–402.
- Hansell M. 2000. Bird Nest and Construction Behaviour. — Cambridge University Press, Cambridge.
- Hemery, G., Nicolau-Guillaumet, P. & Thibault J.-C. 1979: Etude de la dynamique des populations françaises d'Hirondelles de cheminée (*Hirundo rustica*) de 1956 à 1973. — *L'Oiseau et R.F.O.* 49: 213–230.
- Herroelen, P. 1959: Breeding biology of the Swallow, *Hirundo rustica*. — *Gerfaut* 49: 11–30. (In Dutch)
- Karg, J. 1980: Density and variation of aerontomofauna in agricultural landscape. — *Polish Ecological Studies* 6: 329–340.
- Klomp, H. 1970: The determination of clutch size in birds. A review. — *Ardea* 58: 1–124.
- Kondelka, D. 1985: Gelegegrosse und Brutverluste der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) im nordmährischen Kreis (CSSR). — *Folia Zool.* 34: 149–158.
- Kuźniak, S. 1967: Observations on the breeding biology of Swallow, *Hirundo rustica* L. — *Acta Ornithol.* 10: 177–211. (In Polish with English summary)
- Lack, D. 1947: The significance of clutch-size. — *Ibis* 89: 302–352.
- Lessels, C. M. & Boag P.T. 1987: Unrepeatable repeatabilities: a common mistake. — *Auk* 104: 116–121.
- Löhr, H. & Gustscher, H. 1973: Zur Brutökologie der Rauchschnalbe in einem sudwestdeutschen Dorf. — *Journal of Ornithology* 114: 399–416.
- Loske, K.-H. 1989: Zur Brutbiologie der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) in Mittelwestfalen. — *Vogelwelt* 110: 59–82.
- Manning, T. H. 1979: Density and volume corrections of eggs of seven passerine birds. — *Auk* 96: 207–211.
- McGinn, D. B. & Clark, H. 1978: Some measurements of Swallow breeding biology in lowland Scotland. — *Bird Study* 25: 109–118.
- McGinn, D.B. 1979: Status and breeding of Swallows in Banffshire. — *Scottish Birds* 10: 221–229.
- Meier, W. 1978: Zur Brutbiologie der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) in dem Dorf Edertal. — *Anraff Vogelkdl.* 4: 62–82.
- Møller, A. P. 1984: Geographical trends in breeding parameters of Swallows *Hirundo rustica* and House Martins *Delichon urbica*. — *Ornis Scand.* 15: 43–54.
- Møller, A.P. 1983: Breeding habitat selection in the Swallow *Hirundo rustica*. — *Bird Study* 30: 134–142.
- Nitecki, C. 1964: Observations of the breeding of the Barn Swallow (*Hirundo rustica* L.). — *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Turuniu, Biologia* 8: 65–90. (In Polish with English summary)
- Pikula, J., Beklova, M. 1987: Bionomics of species of the family Hirundinidae. — *Acta Sc. Nat. Brno*, 21: 1–39.
- Radermacher, W. 1970: Langjährige Beobachtungen an der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*). — *Charadrius* 6: 7–23.
- Ribaut, J.-P. 1982: Biologie de reproduction de quelques populations d'Hirondelles (*Hirundo rustica*) en Alsace de 1973 à 1980. — *Ciconia* 6: 23–52.
- 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.
- Sanz, J. J. 1997: Geographic variation in breeding parameters of the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. — *Ibis* 139: 107–114.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1995: Biometry. 3rd edition. — Freeman, New York.
- Soler, J. J., Cuervo, J. J., Miffler, A. P. & De Lope, F. 1998: Nest building behaviour in the barn swallow. — *Animal Behaviour* 56: 1435–1442.
- StatSoft, 1997: STATISTICA for Windows Manual. — StatSoft, Inc, Tulsa.
- Thellessen, P. V. 1976: En landsvalebestand på en enkelt gård, gennem 5 år fra 1971 til 1975. — *Falken* 1976: 6–23.

- Tucker, G. M. & Heath, M. F. 1994: Birds in Europe: Their Conservation Status. — Bird-Life International, Cambridge.
- Turner, A. K. 1980: The use of time and energy by aerial feeding birds. — PhD thesis, Stirling.
- Turner, A. K. 1994: The Swallow. — Hamlyn, London.
- Vietinghoff-Riesch, A. 1955: Die Rauchschnalbe. — Duncker & Humboldt, Berlin.
- Ward, S. 1995: Causes and consequences of egg size variation in Swallows *Hirundo rustica*. — *Avocetta* 19: 201–208.
- Williams T. D. 1994. Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: effects on offspring fitness. — *Biological Reviews* 68: 35–59.
- Zieliński, P. & Bańbura, J. 1998: Egg size variation in the Swallow *Hirundo rustica*. — *Acta Ornithologica* 33: 191–196.