



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة باجي مختار - عنابة  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE  
LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE DES SYSTEMES TERRESTRES ET  
AQUATIQUES « EcoSTaQ »

THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité: BIOLOGIE  
BIODIVERSITE, EVOLUTION ET ECOLOGIE DE LA SANTE

Intitulé

**Contribution à l'étude écologique des passereaux  
nicheurs dans le Nord-Est d'Algérie**

Présenté par: M. BENSOUILAH Taqiyeddine

Membres de Jury:

M. SOLTANI Nouredine (Prof)	Président	Université d'Annaba
M. HOUHAMDJ Moussa (Prof)	Directeur de thèse	Université de Guelma
Mme. BOUSLAMA Zihad (Prof)	Co-Directrice de thèse	Université d'Annaba
M. DRARDJA Brahim (Prof)	Examineur	Université d'Annaba
M. SAHEB Menouar (Prof)	Examineur	Université d'Oum El-Bouaghi
M. BENSACI Ettayib (MCA)	Examineur	Université de M'sila

Année universitaire: 2014/2015

## Remerciements

Cette thèse m'a donnée l'occasion de rencontrer et de travailler avec des personnes absolument épatantes. Si un travail de thèse est porté par une seule personne, c'est aussi et surtout le fruit de rencontres, de soutien, d'entraides et de collaborations avec de nombreuses personnes. Je désire adresser de profonds remerciements à tous ceux qui m'ont entourée et soutenue pendant ces trois ans.

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur N. SOLTANI, Professeur à l'université de Badji Mokhtar, Annaba, d'avoir accepté de présider le jury.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mon directeur de thèse Monsieur M. HOUHAMDI, Professeur à l'université 8 Mai 1945 de Guelma, qui m'a ouvert les portes et m'a généreusement accueilli au sein de son unité de recherche. C'est grâce à son aide, ses conseils et ses recommandations pertinentes ainsi que sa gentillesse que j'ai pu mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement Mme Z. BOUSLAMA, Professeur à l'université Badji Mokhtar, Annaba, pour avoir accepté de co-diriger ce travail, et pour m'avoir accueilli dans son laboratoire Ecologie des Ecosystème Terrestre et Aquatique.

J'adresse ensuite mes plus sincères remerciements à Messieurs B. DRARDJA, S. MENOUAR et E. BENSACI d'avoir accepté de juger ce travail, malgré leurs multiples préoccupations.

Je tiens à remercier de la même façon Monsieur H. AMARCHI, Professeur à l'université Badji Mokhtar, Annaba, pour tous ses efforts.

J'aimerais ensuite souligner la contribution importante de J.A. GIL-DELGADO, Z. KOSINSKI, S. BROWNE, S. DIAS, P. MARQUES, P. BERGIER, I. BYRKJEDAL et S. HANANE dans la publication d'une partie du présent travail.

Je remercie P. TRIPLET pour son aide, ses orientations et ses conseils.

Mes remerciements à tous les propriétaires des vergers agricoles notamment A. BENNAKHLA, H. ATIA et A. SALAH qui m'ont permis de travailler dans leurs propriétés.

J'exprime mes remerciements à la direction des forêts, la direction de l'agriculture et la station météorologique de Guelma pour leurs aides.

Sans oublier l'équipe qui m'a appuyé sur le terrain principalement H. BRAHMIA, A. ZERAOULA et Y. GUEROUI. Je tiens à mentionner ici le plaisir que j'ai eu à travailler à leurs côtés.

Ma gratitude et ma reconnaissance vont aussi à S. ABDELLIOUI pour son aide précieux.

Je remercie sincèrement toute ma famille et mes amis pour m'avoir profondément soutenue tout au long de ces années et pour vous être intéressés à mon travail de thèse (si incompréhensible soit-il pour les non-initiés). Un merci particulier à mes parents pour m'avoir encouragée à suivre ma voie depuis bien des années.

Merci à tous ceux que j'aurais oubliés à cet instant précis d'écrire les remerciements mais qui m'ont aidé dans mon projet de thèse.

# Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction.....	1
Objectifs de l'étude.....	3

## *Chapitre I : description du site d'étude*

1. Description de la région d'étude .....	6
1.1. Situation géographique .....	6
1.2. Limites administratives .....	6
2. Relief .....	7
3. Réseau hydrographique .....	10
4. Cadre biotique .....	11
4.1. La faune .....	11
4.2. La flore .....	12
5. Etude climatologique .....	12
5.1. Précipitations .....	12
5.1.1. Régime mensuel des précipitations .....	13
5.1.2. Régime saisonnier des précipitations .....	13
5.2. Température .....	14
5.3. Synthèse climatique .....	15
a) Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен .....	15
b) Climagramme d'Emberger .....	16

## *Chapitre II : Matériel et méthodes*

1. Etude de l'avifaune .....	18
1.1. Méthode semi qualitative.....	18
1.1.1. Les échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP) .....	18
1.2. Méthode quantitative absolue .....	19

1.2.1. Recherche des nids .....	19
1.3. Méthode quantitative relative .....	19
1.3.1. Indice ponctuel d'abondance (IPA).....	19
1.4. Etude biogéographique .....	20
2. Paramètres de la reproduction.....	20
2.1. Biologie de la reproduction.....	20
2.1.1. Recherche des nids et suivi.....	20
2.1.2. Date et période de ponte .....	21
2.1.3. Grandeur de ponte .....	22
2.1.4. Caractéristiques des œufs .....	23
2.1.5. Durées d'incubation et d'élevage .....	24
2.1.6. Succès de reproduction.....	24
2.1.7. Survie journalière des nichées.....	25
2.1.8. Estimation de la productivité.....	25
2.1.9. Croissance pondérale des poussins.....	26
2.1.10. Effets des conditions climatiques .....	26
2.2. Ecologie de la reproduction .....	26
2.2.1. Densité des couples nicheurs.....	26
2.2.2. Habitat .....	27
2.2.2.1. Micro habitat.....	27
3. Exploitation des résultats .....	27
3.1. Exploitation des résultats par les indices écologiques .....	27
3.1.1. Utilisation des indices écologiques de composition .....	28
3.1.1.1. Richesse totale et moyenne .....	28
3.1.1.2. Fréquence centésimale .....	28
3.1.1.3. Fréquence d'occurrence .....	29
3.2. Exploitation des résultats par des analyses statistiques .....	29

### *Chapitre III : Résultats*

1. Inventaire avifaunistique.....	32
1.1. Richesse de l'avifaune .....	36

1.2. Statuts phénologiques .....	37
1.3. Origine biogéographique des espèces .....	37
1.4. Inventaire de l'avifaune nicheuse .....	38
2. Variation des paramètres de la reproduction .....	43
2.1. Biologie de la reproduction.....	43
2.1.1. Phénologie de ponte .....	43
2.1.2. Grandeur de ponte .....	50
2.1.3. Caractéristiques des œufs .....	54
2.1.4. Durées d'incubation et d'élevage .....	54
2.1.5. Succès à l'éclosion .....	57
2.1.6. Succès à l'envol.....	58
2.1.7. Succès de la reproduction .....	61
2.1.8. Productivité des nids.....	61
2.1.9. Taux de survie des nids .....	64
2.1.10. Courbe de croissance des oisillons .....	67
2.1.11. Facteurs d'échecs.....	70
2.2. Ecologie de la reproduction .....	72
2.2.1. Densité des couples nicheurs.....	72
2.2.2. Paramètres des nids .....	74
a) Micro habitat.....	74
b) Méso habitat.....	86
c) Emplacement des nids et succès de reproduction .....	87

#### ***Chapitre IV : Discussion***

1. Richesse de l'avifaune .....	88
2. Distribution biogéographique .....	90
3. Phénologie de la reproduction .....	91
4. Grandeur de ponte.....	98
5. Durées d'incubation et d'élevage .....	99
6. Survie quotidienne et productivité des nids .....	100
7. Facteurs influant le succès de reproduction .....	101

7.1. Date de ponte .....	101
7.2. Conditions météorologiques .....	102
7.3. Disponibilité en nourriture .....	103
7.4. Densité des couples nicheurs .....	104
7.5. Prédation .....	104
8. Emplacement des nids.....	107
Conclusion .....	109
Références bibliographiques	

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Situation géographique de la zone d'étude .....	6
<b>Figure 02</b> : Géomorphologie de la région de Guelma .....	9
<b>Figure 03</b> : Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma .....	11
<b>Figure 04</b> : Diagramme pluviométrique saisonnier de la ville de Guelma (1990 - 2014) .....	14
<b>Figure 05</b> : Diagramme pluviothermique de la ville de Guelma (1990 - 2014) .....	16
<b>Figure 06</b> : Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1990-2014) .....	17
<b>Figure 07</b> : Origine biogéographique des espèces dans la région de Guelma .....	38
<b>Figure 08</b> : Phénologie de ponte du Verdier d'Europe et du Serin cini dans la région de Guelma .....	44
<b>Figure 09</b> : Variations de la chronologie et la période de ponte en fonction de l'année (a), l'habitat (b) et le site (c) chez le Verdier d'Europe .....	46
<b>Figure 10</b> : Variations des températures et des précipitations durant les deux saisons de reproduction .....	47
<b>Figure 11</b> : Variations de la chronologie et la période de ponte en fonction de l'année (a) et l'habitat (b) chez le Serin cini .....	48
<b>Figure 12</b> : Variation de la chronologie et la période de ponte entre les deux espèces .....	51
<b>Figure 13</b> : Nid contenant 05 œufs du Verdier d'Europe installé dans un oranger .....	50
<b>Figure 14</b> : Variation saisonnière de la grandeur de ponte chez le Verdier d'Europe .....	51
<b>Figure 15</b> : Variation de la moyenne de grandeur de ponte chez le Verdier d'Europe entre les habitats et en fonction des années d'études .....	52
<b>Figure 16</b> : Nid contenant 03 œufs du Serin cini installé dans un oranger .....	52
<b>Figure 17</b> : Variation saisonnière de la grandeur de chez le Serin cini .....	53
<b>Figure 18</b> : Variation de la moyenne de grandeur de ponte chez le Serin cini entre les habitats et en fonction des années d'études .....	53
<b>Figure 19</b> : Variation de la moyenne de grandeur de ponte entre les deux espèces en fonction des habitats .....	54
<b>Figure 20</b> : Variation des durées d'incubation (a) et d'élevage (b) chez le Verdier d'Europe .....	56
<b>Figure 21</b> : Les poussins du Verdier d'Europe .....	58
<b>Figure 22</b> : Les poussins du Serin cini .....	58

<b>Figure 23</b> : Variation des nombres d'œufs éclos (a) et des jeunes envolés(b) chez le Verdier d'Europe .....	59
<b>Figure 24</b> : Variation des nombres d'œufs éclos (a) et des jeunes envolés (b) chez le Serin cini	60
<b>Figure 25</b> : Variation de la productivité des nids en fonction de l'habitat (a), l'année (b) et le site (c) chez le Verdier d'Europe .....	62
<b>Figure 26</b> : Variation de la productivité des nids en fonction de l'habitat (a) et l'année (b) chez le Serin cini .....	63
<b>Figure 27</b> : Variation des taux d'échec journalières des nichées en fonction de l'habitat (a), l'année (b) et le site (c) chez le Verdier d'Europe .....	65
<b>Figure 28</b> : Variation des taux d'échec journalières des nichées en fonction de l'habitat (a) et l'année (b) chez le Serin cini .....	66
<b>Figure 29</b> : Courbes de croissance des juvéniles (poids, longueur, queue, aile et tarse respectivement) chez le Verdier d'Europe .....	69
<b>Figure 30</b> : Juvénile du Verdier d'Europe .....	70
<b>Figure 31</b> : Juvénile du Serin cini .....	70
<b>Figure 32</b> : Prédation d'un nid d'un Verdier d'Europe .....	71
<b>Figure 33</b> : Facteurs d'échecs chez le Verdier d'Europe.....	71
<b>Figure 34</b> : Facteurs d'échecs chez le Serin cini.....	72
<b>Figure 35</b> : Densité des couples nicheurs chez Verdier d'Europe .....	73
<b>Figure 36</b> : Densité des couples nicheurs chez le Serin cini .....	73
<b>Figure 37</b> : Variation de la densité des couples nicheurs entre les deux espèces en fonction des habitats .....	73
<b>Figure 38</b> : Corrélation de certains paramètres de position des nids chez le Verdier d'Europe....	75
<b>Figure 39</b> : Positions relatives verticales (NVP) et horizontales (NPI) des nids chez le Verdier d'Europe.....	76
<b>Figure 40</b> : Pourcentage de camouflage des nids en fonction des habitats chez le Verdier d'Europe.....	77
<b>Figure 41</b> : Variation vertical et horizontal des paramètres d'emplacements des nids en fonction des habitats chez le Verdier d'Europe .....	78
<b>Figure 42</b> : Corrélation de certains paramètres de position des nids chez le Serin cini.....	82

<b>Figure 43</b> : Positions relatives verticales (NVP) et horizontales (NPI) des nids chez le Serin cini .....	83
<b>Figure 44</b> : Variation des positions relatives verticales (NVP) et horizontales (NPI) entre les deux espèces.....	84
<b>Figure 45</b> : Pourcentage de camouflage des nids en fonction des habitats chez le Serin cini .....	85

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Coordonnées de la région de Guelma (ONM) .....	12
<b>Tableau 02</b> : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (Station météorologique de Guelma, 1990 à 2014) .....	13
<b>Tableau 03</b> : Température moyenne mensuelle la région de Guelma (1990 - 2014) .....	14
<b>Tableau 04</b> : Inventaire des oiseaux de la région de Guelma (2012-2015 ; 1, les milieux ouverts ; 2, les forêts ; 3, les zones agricoles) .....	32
<b>Tableau 05</b> : Statuts phénologiques des espèces dans la région de Guelma .....	37
<b>Tableau 06</b> : Structure et densité de l'avifaune nicheuse dans les milieux ouverts .....	40
<b>Tableau 07</b> : Structure et densité de l'avifaune nicheuse dans les milieux agricoles .....	41
<b>Tableau 08</b> : Structure et densité de l'avifaune nicheuse dans les forêts .....	42
<b>Tableau 09</b> : Variations de la chronologie, dates moyennes et les périodes de ponte chez le Verdier d'Europe .....	45
<b>Tableau 10</b> : Variations de la chronologie, dates moyennes et les périodes de ponte chez le Serin cini .....	50
<b>Tableau 11</b> : Caractéristiques des œufs chez le Verdier d'Europe .....	54
<b>Tableau 12</b> : Variation des paramètres de biologie de la reproduction en fonction de l'habitat, l'année et le site chez le Verdier d'Europe .....	64
<b>Tableau 13</b> : Variation des paramètres de biologie de la reproduction en fonction de l'habitat et l'année chez le Serin cini .....	67
<b>Tableau 14</b> : Facteur, variance et Eigenvalues de l'analyse en composantes principales .....	79
<b>Tableau 15</b> : Paramètres d'emplacement des nids chez le Verdier d'Europe .....	80
<b>Tableau 16</b> : Paramètres d'emplacement des nids chez le Serin cini .....	85

# Résumés

## **Résumé**

Notre étude a été réalisée dans la région de Guelma, Nord-est de l'Algérie, durant la période 2012-2014. Le suivi de l'avifaune de cette région a permis de caractériser le peuplement avien sur plusieurs plans. Nous avons recensé 91 espèces structurées en 30 familles avec 47 espèces nicheuses.

Le peuplement d'oiseaux montre une hétérogénéité biogéographique, il est subdivisé en 13 types fauniques selon la classification de Voous (1960). Les plus importantes sont les espèces nordiques de l'élément Paléarctique et méditerranéen avec une faible présence des éléments afrotropicaux. Ce statut zoogéographique est favorisé par la qualité phytogéographique de la région qui possède un cortège floristique méditerranéen qui se dégrade continuellement.

Les modèles biologiques étudiés présentent des comportements reproductifs particuliers avec une densité très importante par rapport à leurs congénères nord-africains et européens. Cependant, le choix de l'habitat de nidification est soumis à une forte sélection par les deux espèces. En ce qui concerne la phénologie de reproduction, le Serin cini commence la ponte avant le Verdier d'Europe et ne semble pas influencé par les variations thermiques printanières et les taux de précipitation. Ces Fringillidés montrent également certaines similitudes des traits d'histoire de vie avec les populations nord-africaines, européennes et asiatiques.

Les résultats obtenus sont discutés dans un cadre biogéographique, à la lumière des littératures disponibles sur la distribution biogéographique, la bioécologie et les relations des oiseaux avec leurs biotopes.

**Mot clés :** Guelma, Biogéographie, Habitat, Fringillidae, Sympatrique, Phénologie de reproduction, Grandeur de ponte, Emplacement des nids, Succès de reproduction.

## **Contribution to the ecological study of passerines breeding in the North east of Algeria**

### **Summary**

Our study was carried out in the region of Guelma, North East of Algeria, during the period 2012-2014. Monitoring of the avifauna allowed us to characterize the avian populations in several aspects. We identified 91 species organized into 30 families with 47 breeding species.

The population of birds shows a biogeographic heterogeneity, it is subdivided into 13 types according to the zoogeographical classification of Voous (1960). The most important are the northern species of the Palearctic and Mediterranean element with lower Afrotropical elements. This zoogeographic status is enhanced by the quality of the phytogeographical region with a continuously deteriorating of Mediterranean floristic.

Both studied species showed particular behavior with high breeding pairs densities compared to other North-African and European populations. However, the breeding habitat was under high selection pressure. With regard to the breeding phenology, the European Serin start egg laying much early than the European Greenfinch, there was no obvious effect of temperature and precipitation on his phenology. They showed too some similarity in history traits such as the timing of breeding and clutch size with North-African, European and Asian populations.

The results are discussed in a biogeographical framework in the light of available literature on the biogeographic distribution, the bioecology and host-parasite relationships of birds.

**Key words:** Guelma, Biogeography, Habitat, Fringillidae, Sympatric, Timing of breeding, Clutch size, Nest placement, Reproductive success.

## مساهمة في دراسة الطيور المعششة شمال شرق الجزائر

### ملخص

أجريت الدراسة الحالية في منطقة قالمة، شمال شرق الجزائر، خلال الفترة 2012-2015. سمح رصد طيور هذه المنطقة بتحديد خصائصها على العديد من المستويات. تم تحديد 91 نوع ينتمي إلى 30 عائلة، من بينهم 47 نوع معشش.

أظهرت تركيبة الطيور تنوع بيوجيوجرافي مقسم إلى 13 نوعا حسب تصنيف (Voous (1960. حسب هذا التقسيم الأنواع الشمالية هي الأكثر تمثيلا في هذه الدراسة و على وجه الخصوص عنصري ق ط بي شمالي و متوسطي في حين كانت العناصر الجنوبية الأفرومدارية أقل تمثيلا. يجدر الذكر أن نوعية الغطاء النباتي المتوسطي كان لها أثر هام على هذا التركيب البيوجيوجرافي.

يبيد نوعي الطيور المدروسة سلوكيات تزاوج خاصة و بالتحديد في ما يخص الكثافة العالية جدا مقارنة مع أقرانها في شمال إفريقيا و أوروبا عموما. تبدأ فترة التكاثر عند Serin cini قبل Verdier d'Europe. بينت دراسة التغيرات المناخية على فترة التكاثر عند هذين النوعين من الطيور أن عاملي إنخفاض درجة الحرارة و ارتفاع كمية التساقط كان لهما تأثير سلبي على بداية هذه الفترة عند Verdier d'Europe في حين لم يكن لهما تأثير ملحوظ عند Serin cini. من جهة أخرى تبدي هذه الطيور أيضا نوع من التشابه في خصائص عيشها مع نظائرها في شمال إفريقيا، أوروبا و آسيا.

تم مناقشة النتائج المحصل عليها على ضوء المعلومات المتوفرة عن التوزيع البيوجيوجرافي و البيوإيكولوجي.

**الكلمات المفتاحية :** قالمة، بيوجغرافي، موطن، شرشوريات، تواطن، فينولوجيا التكاثر، مقاس التناسل، أماكن التعشيش، نجاح التناسل.

# **Introduction**

Au cours des dernières années, de nombreux chercheurs ont étudié les effets du changement climatique et des activités anthropiques sur les populations, les communautés, et le devenir de la biodiversité (Vitousek *et al.*, 1997 ; Hughes, 2000 ; Sanderson *et al.*, 2002 ; Walther *et al.*, 2002 ; Sæther *et al.*, 2004 ; Both et Visser, 2005 ; Both *et al.*, 2006 ; Parmesan, 2006 ; White, 2008 ; Gregory *et al.*, 2009 ; Kearney et Porter, 2009 ; Bellard *et al.*, 2012 ; Gadenne, 2012 ; McClure *et al.*, 2012). Les multiples composants de ces changements devraient toucher tous les niveaux de biodiversité (Parmesan, 2006 ; Bellard *et al.*, 2012). Cependant, mettre en évidence les relations de cause à effet entre le changement global et les bouleversements dans les différents niveaux d'organisation biologique n'est pas aisé, d'autant plus que les données biologiques à très long terme sont encore rares, et que les mécanismes de réponse des populations aux fluctuations de l'environnement sont complexes (Parmesan et Yohe, 2003 ; Both et Visser, 2005 ; Both *et al.*, 2006 ; Gregory *et al.*, 2009). La plupart des études qui visent à évaluer l'impact du changement climatique sur les écosystèmes reposent sur des approches corrélatives. Pourtant, les liens mécanistes sous-jacents sont fondamentaux pour expliquer les réponses des écosystèmes (Kearney et Porter, 2009). L'action simultanée du climat et des activités anthropiques sur les populations complique l'interprétation des réponses. En effet, chaque espèce s'est adaptée au cours de l'évolution à une combinaison particulière des paramètres du milieu (climat, habitat, nourriture, ...) qui définissent sa niche écologique (Hutchinson, 1957). Quand ces conditions changent durablement, les individus, les populations ou les espèces doivent s'y adapter pour se maintenir et persister (Both et Visser, 2001 ; Both *et al.*, 2004 ; Both et Visser, 2005 ; Both et Marvelde, 2007 ; Both *et al.*, 2006 ; Gregory *et al.*, 2009 ; McClure *et al.*, 2012).

Une des questions cruciales sur les effets écologiques du changement global est de savoir si les espèces seront en mesure de s'adapter assez rapidement pour suivre le rythme de l'évolution des différentes pressions (Both *et al.*, 2004 ; Lavergne *et al.*, 2010 ; Salamin *et al.*, 2010 ; McClure *et al.*, 2012). Quel que soit le type de réponses adaptatives, les mécanismes sous-jacents sont soit dus à la micro évolution (Salamin *et al.*, 2010), soit dus à la plasticité phénotypique, qui fournit un moyen de réponse à très court terme, au cours de la durée de vie de l'individu (Charmantier *et al.*, 2008 ; McClure *et al.*, 2012). Il peut s'agir par exemple de variations intra-spécifiques dans les traits morphologiques, physiologiques ou comportementaux, qui peuvent avoir lieu à différentes échelles de temps dans une gamme de l'espace des populations (Chevin *et al.*, 2010). Différentes études révèlent que la part de la plasticité dans la réponse à des changements environnementaux est souvent plus importante

que celle due à la génétique (Réale *et al.*, 2003 ; Berteaux, 2004 ; Parmesan, 2006 ; Bellard *et al.*, 2012 ; McClure *et al.*, 2012). Les soutiens empiriques à une réponse micro évolutive existent, mais sont peu probables et ne sont que peu documentés (Bearhop *et al.*, 2005 ; Balanyá *et al.*, 2006 ; Bradshaw et Holzapfel, 2008), alors que les soutiens empiriques à une réponse plastique sont attendus et ont déjà été démontrés (Nussey *et al.*, 2005 ; Brommer *et al.*, 2008 ; Charmantier *et al.*, 2008). Dans certains cas, l'adaptation des espèces peut être très rapide (Lavergne *et al.*, 2010) ; c'est le cas des espèces introduites, pour lesquelles la sélection, axée sur les changements phénotypiques, peut renforcer leur potentiel invasif (Phillips, 2009 ; Walther *et al.*, 2009). Des expériences récentes montrent qu'une évolution rapide au travers de mutations et d'une sélection pourrait permettre à des espèces au cycle de vie rapides de s'adapter durablement et rapidement aux changements environnementaux (Bell et Gonzalez, 2009). Le changement climatique pourrait accélérer le rythme d'évolution de certaines espèces, mais cela ne garantit pas que les populations menacées puissent faire face aux changements sur le long terme (Both *et al.*, 2004, 2009 ; Husby *et al.*, 2011).

Quels que soient les mécanismes impliqués dans la réponse au changement global, les traits d'histoire de vie des espèces sont susceptibles de changer, et des changements ont déjà été observés selon plusieurs dimensions de la niche écologique des certaines espèces (Walther *et al.*, 2002 ; Sæther *et al.*, 2004 ; White, 2008 ; Both *et al.*, 2009 ; Bellard *et al.*, 2012 ; Gadenne, 2012 ; McClure *et al.*, 2012). En effet, les conséquences d'un tel changement climatique ont pu être appréciées à différentes échelles biologiques : physiologie, phénologie, aire de distribution, processus micro-évolutifs, structure et composition des communautés, déclin des populations (Hughes, 2000 ; Walther *et al.*, 2002; Both *et al.*, 2006). Particulièrement faciles à détecter, les variations phénologiques sont devenues l'un des indicateurs privilégiés des changements climatiques (Both et Visser, 2001 ; Walther *et al.*, 2002 ; Both *et al.*, 2004, 2005 ; Both et Marvelde, 2007).

Parmesan et Yohe (2003), ont constaté une avancée relative de la phénologie de reproduction des espèces animales, estimée en moyenne à  $-2,8 \pm 0,35$  jours par décennie (N = 203 espèces, tous taxons confondus). Pour les oiseaux, l'avancée des dates de ponte est en moyenne de  $-3,7 \pm 0,70$  jours par décennie (N = 41 espèces, Parmesan, 2007). Face à ces différences dans les réponses phénologiques à l'échelle de la population, il apparaît nécessaire d'identifier l'éventail de signaux environnementaux, pouvant affecter la phénologie de la reproduction au niveau individuel afin de comprendre les mécanismes proximaux qui font le

lien entre ces paramètres environnementaux et l'ajustement de la phénologie de la reproduction au niveau individuel.

### Objectifs de l'étude

La régression des effectifs de certains passereaux, qu'ils peuplent les forêts, les parcs et les jardins et aussi les paysages agricoles, est évidente dans de nombreuses régions. C'est le cas du Chardonneret élégant *Carduelis carduelis*, Pinson des arbres *Fringilla coelebs*, Serin cini *Serinus serinus* et également de la Perdrix gabra *Alectoris barbara* en Algérie. Les raisons de cette régression, en plus du changement climatique, sont multiples :

- Destruction des habitats (elle-même causée par le changement des pratiques agricoles ou par l'urbanisation) ;
- Diminution des ressources alimentaires (due au changement climatique et aux pratiques agricoles) ;
- Impact des produits phytosanitaires et les pollutions ;
- Dégradation des conditions d'hivernage...

En revanche, les données bibliographiques, quand elles existent, se limitent souvent à la description de la biologie de reproduction des espèces (Heim de Balsac et Mayaud, 1962 ; Isenmann et Moali, 2000). Peu font référence aux exigences des espèces, ce qui ne sert pas à mieux les protéger (Mostfai, 2010). Ces lacunes, ainsi que le peu d'études effectuées dans le centre et le Nord d'Algérie (Si Bachir, 2005 ; Milla, 2008 ; Mostfai, 2010 ; Adamou, 2011 ; Kouidri, 2013) ont motivé la présente étude.

Les principaux objectifs de ce travail sont ; i) de faire un inventaire de l'avifaune de la région de Guelma, ii) de mettre en lumière les variations spatio-temporelles des traits d'histoire de vie de deux Fringillidés, le Verdier d'Europe et le Serin cini, qui se reproduisent en sympatrie dans les zones agricoles et les milieux forestiers de notre région d'étude et enfin iii) de définir les stratégies adaptatives de ces espèces aux conditions météorologiques et à l'hétérogénéité de leur environnement. Comme les pratiques agricoles modernes sont souvent soupçonnées d'induire la régression des espèces, la zone d'étude a été choisie dans un milieu d'agriculture intensive représentée par trois habitats différents afin de chercher les effets des pratiques agricoles sur le succès de la reproduction des espèces.

Tout d'abord, les territoires de nidification ont été recherchés et la reproduction a été suivie. Nous avons décrit les principaux traits d'histoire de vie chez les deux modèles

d'étude : la phénologie de la reproduction, la grandeur de ponte, les durées d'incubation et d'élevage, les dimensions des œufs, la courbe de croissance des oisillons, la survie quotidienne des nids, le succès de la reproduction et les caractéristiques d'emplacement des nids. Ensuite, nous avons comparé les résultats annuels obtenus dans les trois types d'habitats, dans le but d'étudier la réponse adaptative des espèces à leurs milieux occupés et aux fluctuations des changements climatiques. Nous avons déterminé également les variations inter et intra annuelles des traits d'histoire de vie des espèces en plus de celles enregistrées entre les habitats. Les facteurs des micro-habitats ont été quantifiés puis comparés à ceux de différents habitats choisis. La relation entre ces facteurs et le succès de la reproduction a été recherchée.

Nous nous sommes essentiellement intéressés à deux aspects du comportement de reproduction et à leur évolution : la phénologie de la ponte et l'emplacement des nids. Nous supposons que les couples nicheurs ont une certaine plasticité phénotypique et qu'ils vont ajuster leurs dates de ponte en fonction des conditions climatiques. On présume que la taille de ponte, les durées d'incubation et d'élevage des nichées et le succès de la reproduction seront corrélés avec les dates de ponte. Nous supposons également que les conditions météorologiques défavorables retardent le début de la ponte, prolongent les durées d'incubation et d'élevage comme elles peuvent entraîner des pertes partielles des œufs et des juvéniles. Tout comme l'exposition d'un nid aux prédateurs, on suppose que les amplitudes élevées des précipitations provoquent l'abandon des nids par les adultes. De plus, on présume que les caractéristiques d'emplacement des nids seront hautement variables en fonction des habitats et des caractéristiques physiques des arbres mais elles ne devront pas varier avec la progression de la saison. On suppose aussi que la densité des couples nicheurs sera variable en fonction des habitats et que les adultes vont placer leur nids dans des endroits bien cachés afin d'éviter le risque d'échec à cause des prédateurs et des intempéries.

Le présent travail se structure en quatre chapitres interdépendants :

Le premier chapitre est consacré à la présentation générale de la zone d'étude et de ses principales caractéristiques.

Le deuxième décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.

Le troisième chapitre expose les résultats obtenus, dont un inventaire du peuplement d'oiseaux avec la position biogéographique des espèces ainsi que la reproduction de deux fringillidés avec ses deux aspects, biologie et écologie de reproduction.

Le dernier chapitre est consacré à la discussion des résultats à la lumière des données régionales et internationales disponibles tout en cherchant à expliquer certains résultats et l'étude s'achève par une conclusion générale.

# **Description du site d'étude**

## 1. Description de la région d'étude

### 1.1. Situation géographique

La région de Guelma est située au Nord - Est de L'Algérie à 60 Kilomètres au sud de la Méditerranée et à 279 mètres par rapport au niveau de la mer (Figure 01).

Elle regroupe une population estimée à 506 007 habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du chef-Lieu de wilaya avec une densité de 135 habitants par km<sup>2</sup> (URBACO, 2012) et s'étend sur une superficie de 3 686,84 km<sup>2</sup>.

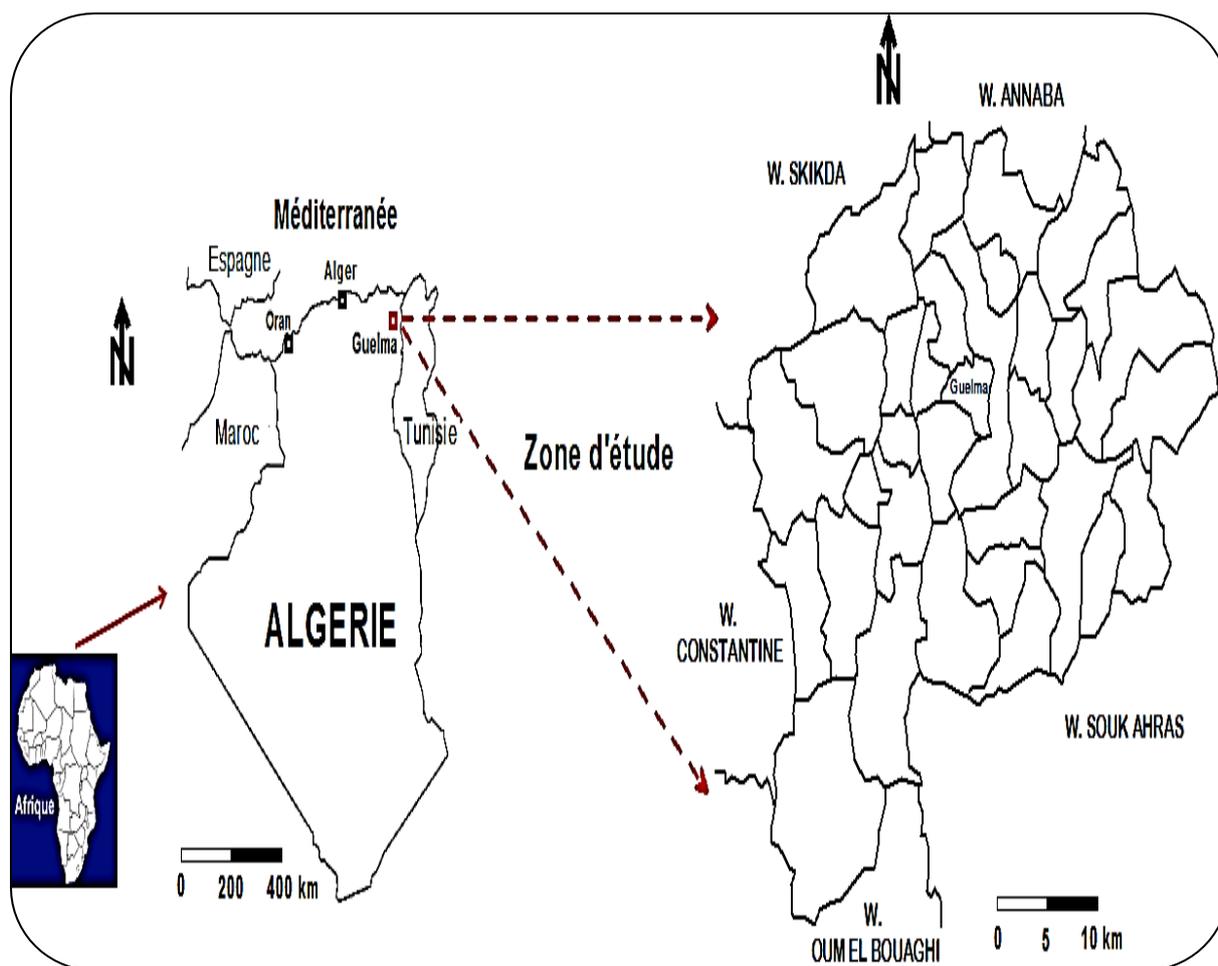


Figure 01 : Situation géographique de la zone d'étude.

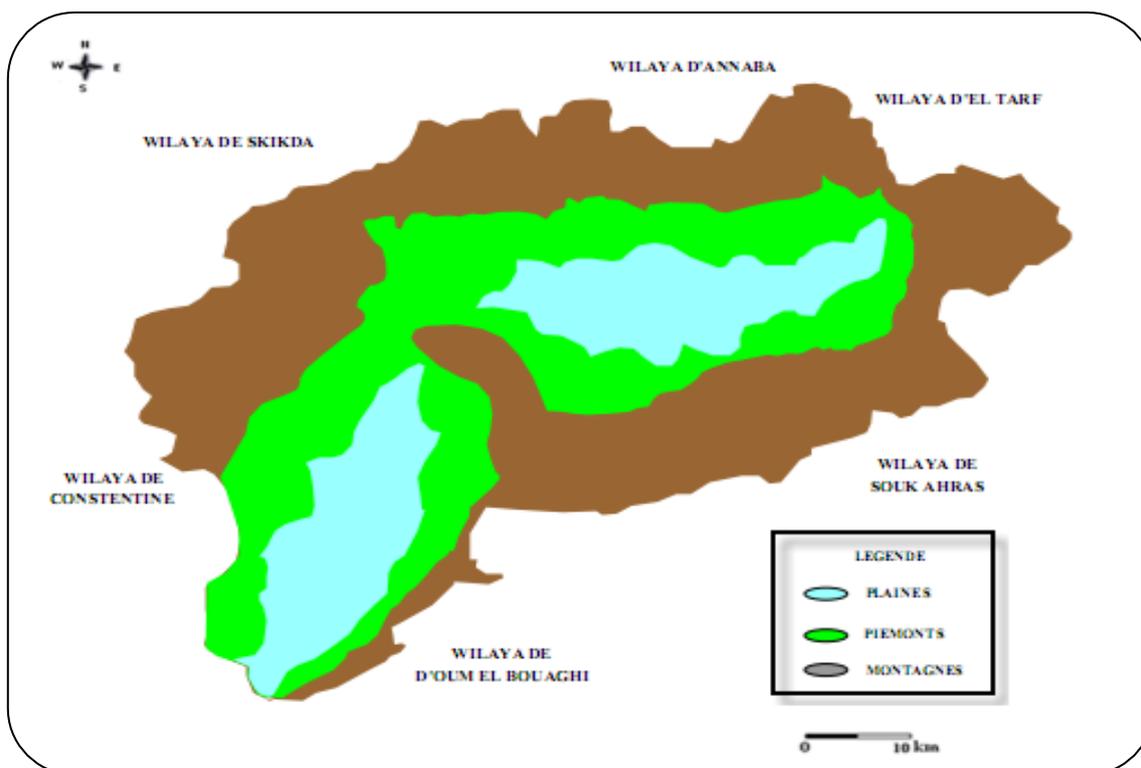
### 1.2. Limites administratives

La wilaya de Guelma constitue un axe stratégique de part sa situation géographique. Elle est limitrophe des wilayas suivantes :

- La wilaya d'Annaba, au Nord : Avec son port et son aéroport, ainsi qu'une zone industrielle assez importante, distante de quelques 60 km.
- La wilaya de Skikda, au Nord - Ouest : Avec son port et son complexe pétrochimique, est à moins de 80 km.
- La wilaya de Constantine, à l'Ouest : Son aéroport, ses potentialités de capitale de l'Est du pays sont à 100 km.
- La wilaya d'Oum-El-Bouaghi, au Sud: Porte des hauts plateaux, est à 100 km.
- La wilaya de Souk-Ahras, à l'Est : Région frontalière à la Tunisie, est à 78 km.
- La wilaya d'El-Tarf, au Nord - Est: wilaya agricole et touristique, port de pêche, frontalière à la Tunisie, est à 115 km.

## 2. Relief

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié (Figure 02) dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Les mouvements tectoniques du Plio-Quaternaire ont joué un rôle important dans la morphogenèse de la région.



**Figure 02 : Géomorphologie de la région de Guelma.**

Ce relief est composé de :

- ❖ Montagnes : 37,82 % dont les principales sont :
  - Mahouna (Ben Djerrah) : 1 411 m d'altitude ;
  - Houara (Ain Ben Beidha) : 1 292 m d'altitude ;
  - Taya (Bouhamdane) : 1 208 m d'altitude ;
  - D'bagh (Hammam Debagh) : 1 060 m d'altitude.
- ❖ Plaines et Plateaux : 27,22 %
- ❖ Collines et Piémonts : 26,29 %
- ❖ Autres : 8,67 %

Le sud de Guelma comporte la chaîne centrale de la Medjerda où s'impose l'important massif du Ras El Alia : série d'entablements de calcaires Eocène, dont les principaux sont le Djebel Bardou (1261 m) et le Djebel Houara (1292 m). Vers le Sud – Est, la haute chaîne se poursuit par les massifs calcaires sénoniens du Djebel El Arous (1160 m) et les calcaires Eocène du Djebel Safiet, puis par les monts d'Ain Seynour couverts par les grès numidiens. Tout le massif constituant la haute chaîne centrale des monts de la Medjerda s'enneie sous les plaines de Sellaoua au Sud - Ouest de la wilaya.

A l'Est de la wilaya, les montagnes boisées du versant septentrional des monts de la Medjerda s'abaissent rapidement par gradins vers la vallée de l'Oued Seybouse, dont Kef Erramoul (797 m) et Kef Djemmel (812 m). La majeure partie du versant est recouverte par l'épaisse formation gréso-argileuse du Numidien qui caractérise le paysage jusqu'à la frontière algéro-tunisienne. Les sommets sont arrondis sans alignement net, les formes massives et les vallées peu profondes. Il en est de même pour les formations triasiques d'Ain Seynour-Nador qui s'élèvent en massif sans vigueur au-dessus de la plaine de Bouchegouf. Au Nord, s'étendent les monts d'Ain Berda qui séparent la dépression de Guelma de celle du lac Fetzara, au-delà des limites septentrionales de la wilaya.

Au Nord - Ouest, les derniers abrupts calcaires du chaînon du Débar (1060 m) viennent s'ennoyer dans les formations marneuses ou gréseuses à relief plus mou. Un autre calcaire, djebel Taya (1208 m) continue vers l'Ouest, séparant le bassin d'Oued Safsaf au Nord de l'Oued Bouhamdane au Sud. L'Ouest de la région comprend des zones très variées, allant de la large et profonde vallée de l'Oued Cherf qui s'écoule du Sud au Nord, aux plaines élevées de la région de Ras El Agba (700 – 800 m) et des vallées profondes en aval et amont de Bordj Sabath (Benmarce, 2007).

La répartition générale des terres au niveau de la wilaya de Guelma distingue l'importance de la surface agricole totale (SAT) qui représente une superficie totale de 264618 ha soit 70,99% de la superficie totale wilaya, dont (70,80%) surface agricole utile (SAU) soit 187 338 ha.

Les ressources hydriques sont assez importantes pour permettre d'irriguer une superficie totale de 16 150 ha, soit un taux d'irrigation de 8,62% par rapport à la SAU. Les parcours occupent une superficie de 50 875 ha soit 19,23% de la surface agricole totale et 13,65 % de la surface totale de la wilaya. Les terres improductives ne représentent que 7,08% soit 26 405 ha de la surface totale de la wilaya.

Sur les 187 338 ha de surface agricole utile, seulement 15 011,45 ha sont irrigués soit 8.62% de la SAU, répartis comme suivant :

- La surface de céréale irriguée est de 1549 ha soit 10,32% de la superficie totale irriguée ;
- La surface d'arboricultures irriguées représente de 1 874,45 ha soit 12,49% de la superficie totale irriguée ;
- La surface de cultures maraichères irriguées représente 8 464,5 ha soit 56,39% de la superficie totale irriguée ;
- La surface de cultures industrielles irriguées dispose 3 123,5 ha soit 20,81% de la superficie totale irriguée ;

La surface de céréales est prédominante avec 85 560 ha soit 46% de la surface agricole utile. Pour les jachères, la superficie réservée est de 60 924 ha soit 33% de la SAU. Par contre les autres occupations, les superficies consacrées sont assez significatives comme suivants :

- La superficie consacrée aux fourrages occupe la troisième place dans la SAU avec 17 300 ha soit 09% ;
- Les cultures maraichères avec 10 616 ha soit 06% de la SAU ;
- L'arboriculture fruitière représente une surface de 5 166 ha soit 03% de la SAU.
- Les légumes secs et les cultures industrielles occupent la dernière place avec un taux de 02% de la SAU.

On compte une grande variété d'écosystèmes forestiers et la superficie de toutes ces terres forestières couvre plus de 1/3 de la wilaya de Guelma. Elle représente de 116 864,95 ha,

avec un taux de couverture 31,70% de la superficie totale de la wilaya et qui se répartissent selon les domaines suivants :

- Les maquis représentent une superficie de 70 384,4 ha soit 60% de la couverture forestière totale;
- Les forêts représentent une superficie de 32 588,55 ha soit 28% de la couverture forestière totale ;
- Les terrains nus disposent une superficie de 13 982 ha soit 12% de la superficie forestière.

La couverture forestière de la wilaya de Guelma est constituée principalement par le chêne liège *Quercus suber* et le chêne vert *Quercus ilex* avec une superficie de 17 680,5 ha soit 54%, suivie par le pin d'Alep *Pinus halepensis* avec une surface de 5 715,5 ha soit 18%, l'Eucalyptus avec une superficie de 3530 ha soit 11%. Les superficies des autres essences, sont assez significatives (chêne zen 2201 ha, pin maritime *Pinus pinaster* et pin pignon *Pin parasol* 1638 ha, cyprès 1019 ha, et liège privé 804,55 ha) (URBACO, 2012).

### 3. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est très dense (Figure 03). Il est composé de trois Oueds majeurs qui sont :

- L'Oued Bouhamdane, qui draine la partie Ouest du territoire, dont l'écoulement général est d'Ouest en Est.
- L'Oued Cherf, qui draine la partie Sud du territoire, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord.
- L'Oued Seybouse, qui draine la partie Nord et Est du territoire, autrement dit presque la totalité de la wilaya de Guelma, avec une superficie de 6 471 km<sup>2</sup>, pour rencontrer la mer Méditerranée à l'Est de la ville d'Annaba.

Ces oueds, qui drainent les eaux pluviales vers la mer, sont alimentés par un important chevelu hydrographique composé de petits oueds et de quelques affluents importants. Notamment, en ce qui concerne l'Oued Seybouse (57,15 km), ses principaux affluents sont d'amont en aval : l'Oued Bouhamdane (45,37 km), l'Oued Cherf (36,46 km), l'Oued Boussora, l'Oued Mellah, l'Oued Halia et l'Oued Cheham.

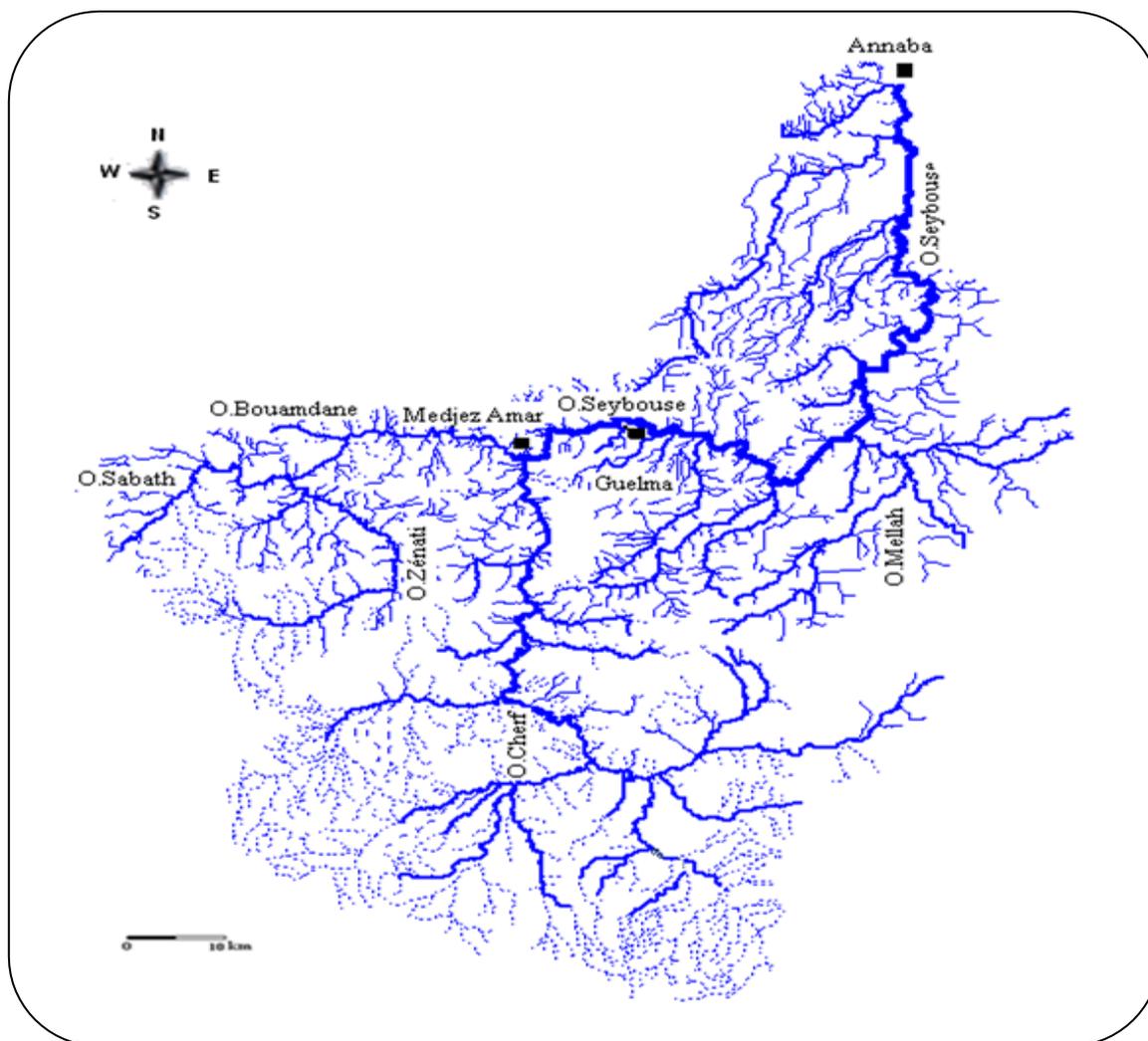


Figure 03 : Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma.

#### 4. Cadre biotique

La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert végétal,...), on y trouve une biodiversité significative.

##### 4.1. La faune

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

- ♣ Les mammifères : le Sanglier, le Chacal, le Renard, le Lièvre, le Lapin, le Gerboise, le Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée dans la réserve national de Béni Salah.
- ♣ Les oiseaux : (Voir la partie du résultat inventaire).
- ♣ Les reptiles : la Tortue, le Lézards et la Couleuvre (URBACO, 2012).

## 4.2. La flore

La couverture végétale est représentée par une dominance de peuplements forestiers qui occupent une superficie de 107 704 ha avec un pourcentage de 28% de la superficie de la wilaya (URBACO, 2012).

## 5. Etude climatologique

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines (Soltner, 1999).

L'Algérie fait partie de « l'aire isoclimatique méditerranéenne », puisque son climat est partout caractérisé par l'existence d'une période de sécheresse axée sur la période chaude et imposant à la végétation en place un stress hydrique de durée variable. D'après la récente classification de Rivas-Martinez (2005), l'Algérie fait partie intégrante du « macroclimat méditerranéen ».

La période des données météorologiques récoltées de la station de Guelma ONM et les coordonnées de la région sont résumées dans le tableau 01.

**Tableau 01 : Coordonnées de la région de Guelma (ONM).**

Latitude	Altitude (m)	Longitude	Période d'observation
36°27'23,75" N	223	7°28'44,91" E	1990 - 2014

### 5.1. Précipitations

Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe de ciel, sous forme liquide ou solide. Elle représente un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (Dajoz, 2000).

Les pluies qui tombent en Algérie sont orographiques et torrentielles. Elles varient selon l'altitude.

Divers facteurs contribuent à déterminer les zones de précipitations en Algérie, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et la direction des vents dominants porteurs d'humidité. Sur tout le littoral et le Tell, la direction des vents, pendant la saison pluvieuse, est

franchement Nord - Ouest Avec une fréquence moyenne de 50 fois par an, ce sont les vents du Nord - Ouest qui apportent les précipitations hivernales (Meddour, 2010).

En plus de l'orientation des versants, la pluviosité varie en Algérie sous l'influence de plusieurs paramètres géographiques, altitude, latitude, longitude et distance à la mer :

- ♣ La quantité de pluie augmente avec l'altitude. Elle est plus abondante sur les reliefs qu'en plaine ; mais, elle est plus élevée sur les versants bien orientés face aux vents pluvieux du Nord - Ouest, que sur les autres.
- ♣ La pluviométrie est plus importante sur le littoral, que dans les régions situées plus au sud.
- ♣ A cette décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest (selon la longitude) ; cette caractéristique étant particulière à l'Algérie (Meddour, 2010).

### 5.1.1. Régime mensuel des précipitations

Les variations des quantités pluviométriques de la station météorologique de la wilaya de Guelma enregistrées durant la période allant 1990 à 2014 révèlent une plus forte chute de pluies durant la période humide avec un maximum de 88,71 mm au mois de décembre, puis une diminution jusqu'au mois de juillet, le mois le plus sec avec des précipitations moyennes de 4,67 mm (Tableau 02).

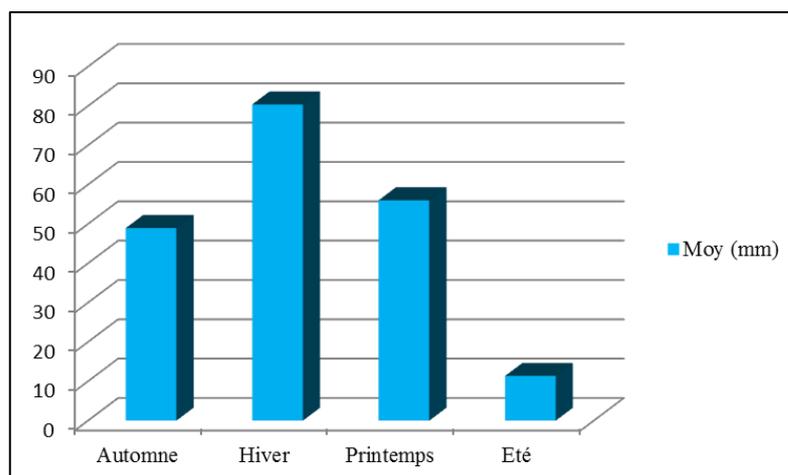
**Tableau 02 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles  
(Station météorologique de Guelma, 1990 à 2014).**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	82,7	69,84	63,82	54,84	49,49	17,75	4,67	11,74	39,02	41,04	66,88	88,71

### 5.1.2. Régime saisonnier des précipitations

L'année pluviométrique a été divisée en quatre saisons conventionnelles. Le régime saisonnier de notre région d'étude durant la période (1990 - 2014) est de type H. P. A. E (Hiver, Printemps, Automne, Eté).

L'existence d'une période de sécheresse estivale est l'un des facteurs essentiels permettant d'expliquer les caractéristiques des forêts méditerranéennes.



**Figure 04 : Diagramme pluviométrique saisonnier de la ville de Guelma (1990 - 2014).**

Ce diagramme (Figure 04) montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 82,20 mm/mois, ce qui produit une charge de la nappe, tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 10,63 mm/mois, ce qui produit une évaporation.

## 5.2. Température

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration.

Les données des températures moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma (1990 - 2014), sont consignées dans le tableau 03.

**Tableau 03 : Températures moyennes mensuelles la région de Guelma (1990 - 2014).**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	9,04	9,95	13,26	16,44	21,01	25,87	29,54	29,56	25,1	20,44	14,35	10,14

Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à octobre, avec des températures variant de 20 à 27,51°C. Par contre les températures les plus basses (9 à 12,47°C) sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de janvier 9,76°C.

### 5.3 Synthèse climatique

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

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

#### a) Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen nous permet de mettre en évidence la période sèche et humide de notre zone d'étude (Bagnouls et Gaussen, 1957).

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

Selon Bagnouls et Gaussen, une période sèche est due aux croisements des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un histogramme pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations.

L'analyse du diagramme (Figure 05) montre que la période sèche est d'environ 05 mois. Elle s'étend du mois de juin jusqu'à le mois d'octobre, tandis que la période humide s'étend du mois de novembre jusqu'au mois de mai.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau.

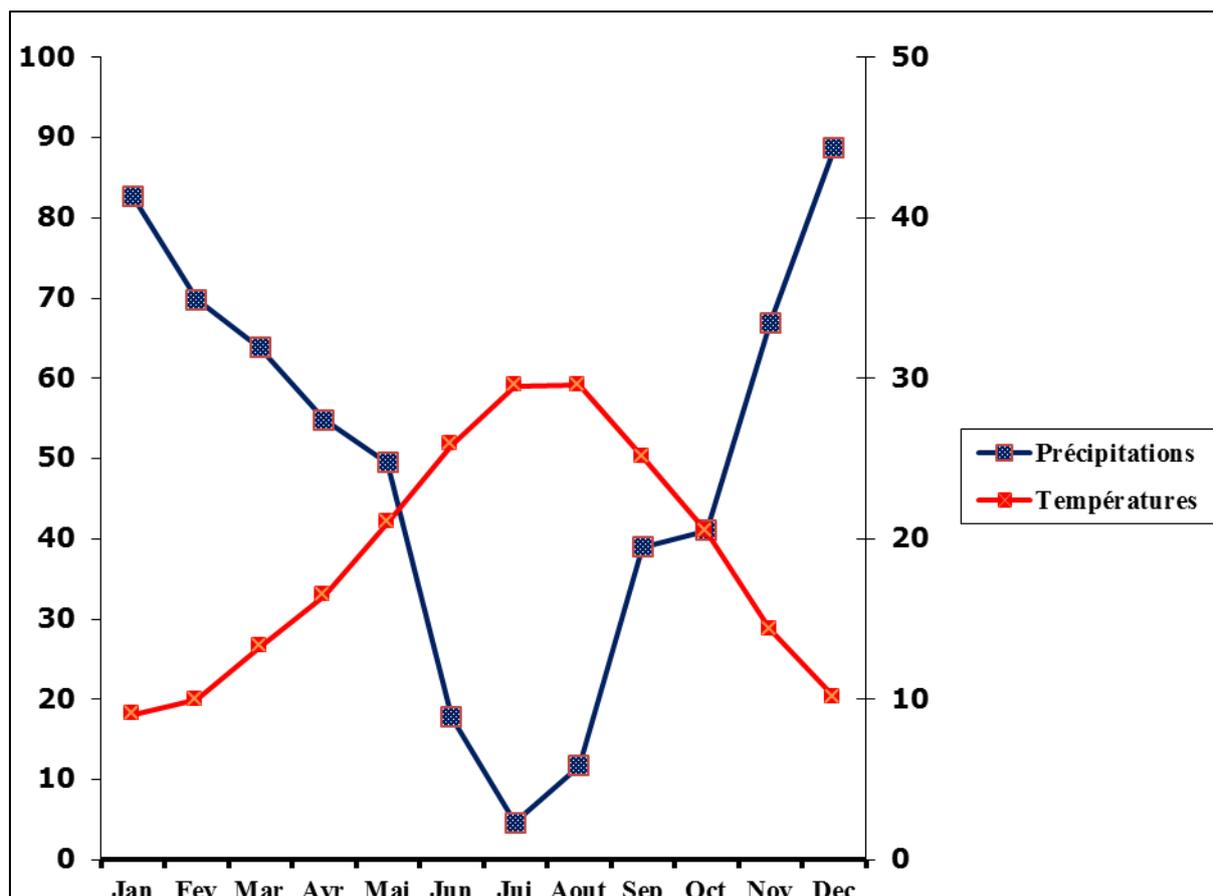


Figure 05 : Diagramme pluviothermique de la ville de Guelma (1990 - 2014).

**b) Climagramme d'Emberger**

Pour caractériser un bioclimat, Emberger (1952), a établi un quotient représenté par le rapport entre les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes. L'expression de ce quotient est la suivante :

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

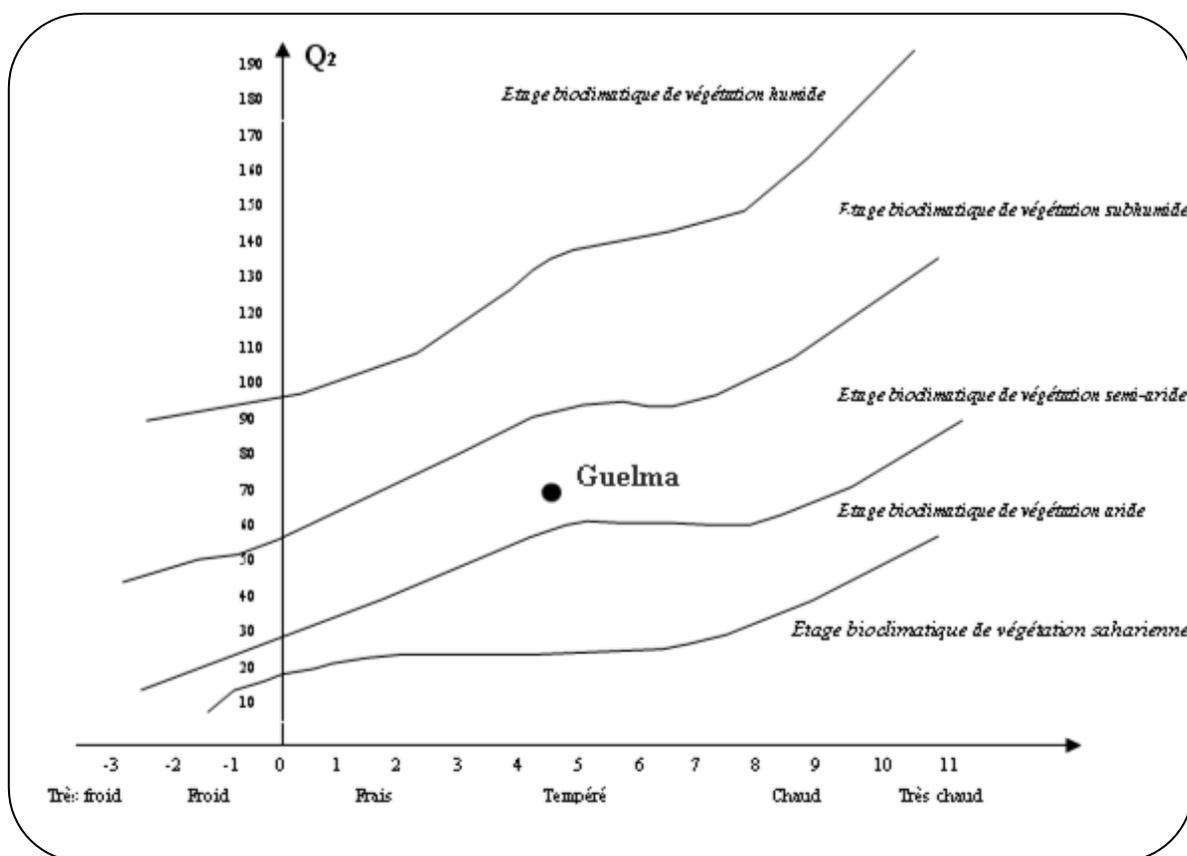
$Q_2$  est l'indice pluviométrique qui se fonde sur les critères liés aux précipitations annuelles moyennes P (mm), à la moyenne des minima du mois le plus froid de l'année (m), et à la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M).

Selon Emberger, la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude (Guelma), il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ ).

- P = 606,07 mm : Précipitations annuelles en mm ;

- $M = 36,34^{\circ}\text{C} = 309,34 \text{ K}$  : Moyenne des maxima du mois le plus chaud ;
- $m = 4,62^{\circ}\text{C} = 277,62 \text{ K}$  : Moyenne des minima du mois le plus froid.

Pour la région de Guelma, le  $Q_2$  ; calculé est de 65,10. En rapportant les valeurs de  $Q_2$  et de  $m$  sur le climagramme d'Emberger nous trouvons que notre région est sous l'influence d'un climat semi-aride à hiver tempéré (Figure 06).



**Figure 06:** Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1990-2014).

# **Matériel et Méthodes**

Nous décrivons dans cette partie les méthodes utilisées sur le terrain ainsi que le matériel ayant servi dans l'élaboration, la réalisation et l'aboutissement de l'étude de l'avifaune.

## **1. Etude de l'avifaune**

L'avifaune est un indicateur pour évaluer la qualité de la biodiversité d'un territoire. L'étude de l'avifaune apporte une importante contribution à la connaissance des écosystèmes et permet de dresser les éléments de base d'un diagnostic écologique. Les premières données sur l'avifaune algérienne ont été collectées dès 1839 (Isenmann et Moali, 2000). Les oiseaux constituent un excellent modèle de référence pour tester la structure, le fonctionnement et la dynamique des peuplements d'animaux (Blondel *et al.*, 1973; Blondel, 1975). Ils sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité et de l'évolution des milieux naturels. Mené à des pas de temps réguliers sur un même site, le suivi des populations d'oiseaux peut constituer un élément pertinent pour évaluer les mesures de gestion proposées. Parmi les méthodes de dénombrement existantes, on distingue, des méthodes de recensement absolues, permettant d'obtenir une estimation non biaisée du nombre de couples nicheurs en un lieu, à un moment donné et pour une espèce donnée, et des méthodes dites relatives, utilisées comme des indices d'abondance relative des populations d'oiseaux (Blondel, 1969a, 1969b).

### **1.1. Méthode semi qualitative**

#### **1.1.1. Les échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP)**

L'échantillonnage fréquentiel progressif est un protocole d'observation, basé sur le nombre de contacts (Fréquences). Il est à la fois simple, objectif, très standardisé, et peu coûteux.

Nous avons utilisé cette méthode afin d'établir un inventaire des oiseaux. Son but est simplement de dresser la liste des espèces présentes sur la région. La méthode consiste en des sorties sur chaque biotope, où l'on note la présence des espèces au fur et à mesure des contacts avec les différents individus. Comme il s'agit de relevés en présence – absence, elle ne permet pas d'obtenir des densités, mais elle débouche plus rapidement sur un inventaire, autrement dit sur la richesse du peuplement avien (Blondel, 1975). Nous avons fait dans notre travail plusieurs sorties de novembre 2012 à avril 2015.

## 1.2. Méthode quantitative absolue

### 1.2.1. Recherche des nids

En général, trouver un nid d'oiseau dans le milieu forestier en été requiert des connaissances, de la détermination, de l'habileté et souvent, un peu de chance. La seule condition de cette méthode est que nous trouvons un nid actif, enregistrons l'activité de nidification par quelques visites faites lors des périodes d'incubation et d'élevage des jeunes. En milieu forestier elle ne peut donner de résultats que sur de très petites parcelles faciles à parcourir (Ochando, 1988). Au lieu d'identifier le couple par un ensemble de contacts trahissant sa présence sur son territoire, on le fait par la découverte de son nid. Cette méthode semble idéale puisque le nid est le meilleur critère de l'existence du couple. Mais en pratique, elle se heurte à des difficultés souvent insurmontables, l'expérience montrant que seule une faible proportion des nids existant sur un site peut être localisée, surtout dans un milieu fermé avec des arbres élevés à feuillage touffu (Pough, 1950; Blondel, 1969a). Deux sorties par semaine et par site ont été réalisées en 2013 et 2014 durant la période de reproduction.

## 1.3. Méthode quantitative relative

### 1.3.1. Indice ponctuel d'abondance (IPA)

La méthode consiste à échantillonner l'avifaune par tous types de contacts (auditifs en majorité, mais aussi visuels) en un point défini *a priori*, au cours de deux brèves visites chronométrées. On compte les oiseaux contactés, mais les effectifs ainsi mesurés n'ont pas directement valeur de densités en raison d'un manque de contrôle du rayon de détection et de la détectabilité inégale des espèces. Il s'agit donc d'une sorte de sondage qui ne donne que des abondances relatives (Blondel *et al.*, 1970). Ces points sont répartis au sein de la zone d'étude, toujours *a priori* « sur carte » et de façon systématique.

Pour répartir ces points, on a adopté le principe d'une grille carrée à maille variable, dépendant de la variabilité avifaunistique de la zone, mais aussi du temps imparti. Une autre méthode de disposition *a priori* des points que nous utilisons parfois consiste à disposer ces points par rapport à des repères facilement identifiables. Par convention, l'unité de comptage est le couple, non l'individu. Pour ce faire, la note 1 est attribuée à un mâle chanteur, un couple, un nid ou une famille observée, la note 2 pour les oiseaux grégaires, quand ils forment

un groupe égal ou supérieur à quatre et la note 0,5 à un cri entendu ou un oiseau observé seul (Blondel *et al.*, 1970).

On a adopté une durée de relevés de 15 minutes, des relevés préliminaires ( $n = 28$ ). Les deux passages sur chaque point caractéristique de cette méthode sont effectués, le premier entre le 1<sup>er</sup> avril (voire le 23 mars en cas de printemps précoce) et le 5-10 mai pour noter les espèces sédentaires ou migratrices « locales », le second entre le 10 mai et le 10 (voire le 15) juin pour contacter les migrateurs au long cours s'installant plus tard. La note maximale obtenue au cours de l'un des deux passages est retenue pour chaque espèce. Cette méthode ne donne que des densités relatives, mais autorise des études sur de grandes superficies dans des situations variées, ce qui permet de prendre en compte la variabilité spatiale des milieux. Il faut seulement réaliser un nombre suffisant de relevés pour pouvoir leur appliquer valablement des méthodes statistiques standard (Ferry, 1976).

Cette méthode est effectuée tôt le matin, une heure après le lever du soleil. Le nombre de points dénombrés par jour peut être de 6 au maximum (Blondel *et al.*, 1970, 1981; Ochando, 1988).

#### **1.4. Etude biogéographique**

Dans cette partie, nous avons adopté la méthode biogéographique de Voous (1960). Malgré son intérêt synthétique indéniable et sa popularité, le système de Voous présente plusieurs inconvénients sérieux (Prodon, 1993). C'est un système qualitatif et discontinu : tous les intermédiaires entre deux types de distribution sont possibles, comme le prouvent les nombreux cas de fluctuations des aires (Prodon, 1993).

### **2. Paramètres de la reproduction**

#### **2.1. Biologie de la reproduction**

##### **2.1.1. Recherche des nids et suivi**

Nous avons étudié la nidification des populations des deux espèces dans trois types de vergers agricoles: le néflier du Japon (2 ha), l'olivier (5 ha) et les orangeries (deux sites à 5 ha), pendant deux saisons consécutives (2013 et 2014), du début de février jusqu'à la fin juillet. Les nids ont été trouvés par des recherches systématiques dans les arbres ou par l'observation de comportement des couples nicheurs lors de déplacement à pied dans les

vergers suivant la méthode de Martin et Geupel (1993). Les nids trouvés ont été matérialisés discrètement par une bande de ficelle rouge numérotée à un mètre au sol sur le tronc de l'arbre pour être visité antérieurement afin de noter le contenu de chaque nid de manière systématique (Götmark, 1992 ; Martin et Geupel, 1993 ; Belda *et al.*, 1995 ; Ponz *et al.*, 1996 ; Rivera-Milan, 1996 ; Auer *et al.*, 2007 ; Hanane et Baamal, 2011 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

Les nids ont été découverts dans différents stades de développement y compris la phase de construction, la phase d'incubation et la phase d'élevage. Une fois les nids localisés, ils ont été suivis et inspectés par des visites tous les 3 à 4 jours jusqu'au l'envol des poussins ou l'échec de la tentative de reproduction. Les données recueillies à différents moments permettent d'obtenir différentes informations : déterminer la date de ponte, la taille complète de la couvée, les périodes d'incubation et d'élevage des jeunes, le nombre des œufs éclos et le nombre des jeunes envolés (Martin *et al.*, 1996 ; Auer *et al.*, 2007 ; Kouidri, 2013 ; Bensouilah *et al.*, 2014). Un nid visité une seule fois fournit moins d'information bien qu'il soit encore possible de déterminer la préférence dans la sélection de l'habitat ou du site de nidification lorsque cette information est enregistrée, ou de connaître la répartition ou la chronologie de nidification des espèces.

### 2.1.2. Date et période de ponte

La date de ponte du premier œuf est déterminée à partir du nombre d'œufs des pontes encore incomplètes, en tenant compte de la ponte d'un œuf chaque jour (Lundberg et Alatalo, 1992). S'il n'a pas été possible de le faire lors de la ponte, la date du début de ponte est déduite à partir de l'âge des jeunes (Mikkola, 1983 ; Wijnandts, 1984 ; Ravussin et Neet, 1995 ; Ravussin *et al.*, 2007). Donc, la date de ponte de chaque couvée représente la ponte du premier œuf, mais malheureusement des nids ne sont pas découverts au début de la ponte, donc nous procédons à une estimation de la date de ponte par la méthode décrite par Whittingham *et al.*, (2001) et Macleod *et al.*, (2004).

Selon cette méthode, si la date de ponte du premier œuf était inconnue elle a été estimée par *back-dating* selon l'observation des dates d'éclosion connues (Nur *et al.*, 1999 ; Auer *et al.*, 2007). Si la date précise d'éclosion était inconnue on la calcule par la comparaison du degré de développement des plumes des oisillons d'âge connu (Mikkola, 1983 ; Wijnandts, 1984 ; Ravussin et Neet, 1995 ; Ravussin *et al.*, 2007). Ainsi, d'après l'âge du plus vieux

poussin, en assumant que la couvaison commence quand le dernier œuf est pondu (Lundberg et Alatalo, 1992 ; Cramp et Perrins, 1994 ; Nur *et al.*, 1999), on estime les dates précises d'éclosion et par la suite les dates de ponte en tenant compte d'une durée d'incubation moyenne de 12 et 13 jours et celle d'élevage de 17 et 16 jours pour le Verdier d'Europe et le Serin cini respectivement (selon la moyenne de nos résultats) (Cramp et Perrins, 1994 ; Ravussin et Neet, 1995 ; Whittingham *et al.*, 2001 ; Macleod *et al.*, 2004 ; Bensouilah *et al.*, 2014). Chez la plupart des passereaux, un œuf est pondu par jour, et l'incubation commence quand le dernier œuf est pondu (Lundberg et Alatalo, 1992 ; Cramp et Perrins, 1994 ; Nur *et al.*, 1999 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

La période de ponte représente la durée entre la ponte du premier œuf du couple le plus précoce et la ponte du premier œuf du couple le plus tardif (Whittingham *et al.*, 2001 ; Macleod *et al.*, 2004 ; Auer *et al.*, 2007).

### **2.1.3. Grandeur de ponte**

La grandeur de ponte représente le nombre d'œufs qu'une femelle peut pondre. Elle est définie lors de l'inspection des nids après au moins 7 jours d'incubation, autrement dit durant deux visites consécutives d'un nid immédiatement après la fin de la période de ponte (Belda *et al.*, 1995 ; Ravussin et Neet, 1995 ; Ponz *et al.*, 1996 ; Auer *et al.*, 2007 ; Ravussin *et al.*, 2007). Quand le nid a été visité, le nombre d'œufs pondus a été compté en additionnant le nombre de poussins au nombre d'œufs non éclos. Si le nid n'a pas été trouvé pendant la période d'incubation, le nombre d'œufs a été considéré équivalent au nombre de jeunes à l'envol. Alors la grandeur des pontes a été calculée comme étant égale au nombre d'œufs par nichée réussie seulement. Autrement dit les nids prédatés pendant la période où la taille de ponte est incomplète n'étaient pas considérés et par conséquent n'ont pas été inclus dans les analyses statistiques.

Nous avons utilisé les équations quadratiques décrites par Crick *et al.*, (1993) et Gil-Delgado *et al.*, (2005) pour expliquer les tendances des variations saisonnières de la grandeur de ponte. Les indices suivants ont été calculés à partir des régressions quadratiques et ils ont été utilisés dans les comparaisons statistiques.

- a) Augmentation de la grandeur de ponte (AGP) ; l'augmentation de la taille de ponte (*Clutch size increase*) a été calculée comme la taille maximale de ponte divisée par la taille de ponte au début de la saison de reproduction (la date de ponte du couple le plus

précoce dans la population). Les tailles maximales de ponte et celles initiales ont été calculées directement à partir des équations quadratiques : chez les espèces montrant un pic à la mi saison, la taille maximale de ponte a été calculée en différenciant l'équation pour trouver la date à laquelle la pente était de zéro.

- b) Pente initiale (PI) ; la pente initiale (*Initiale slope*) a été calculée comme la pente de la quadratique au début de la saison de reproduction (le nid enregistré est le plus précoce).
- c) Timing de la maximale grandeur de ponte ; cette variable (*Timing of maximum clutch size*) était exprimée comme un rapport représentant le nombre des jours durant la saison de reproduction quand la date de la taille de ponte maximale survenu divisé par le nombre des jours total de la saison de reproduction. Elle se présente comme suit : «A ; la période à partir du début de la ponte jusqu'à la date du pic maximum à la mi saison» divisé par «B ; la période de la saison de reproduction». Si la taille maximale de ponte était au début de la saison de reproduction, le rapport était de 0.
- d) Timing modal ; il s'agit du rapport de la date modale de ponte sur la date de la taille maximale de ponte, calculée à partir de l'équation quadratique. Les espèces dont la date de ponte modale avant que la taille maximale de ponte avaient un timing modal inférieur à 1 ; celles portant après la taille maximale de ponte avaient une synchronisation modale supérieure à 1. Dans les cas où il y avait plus d'un mode identique, nous avons utilisé le plus précoce, parce que notre prévision concernait le moment où la majorité des oiseaux ont commencé la ponte par rapport à la date de la taille maximale de ponte (Crick *et al.*, 1993 ; Gil-Delgado *et al.*, 2005).

#### 2.1.4. Caractéristiques des œufs

Les mensurations des œufs de chaque couvée consistent à déterminer la masse de chaque œuf de la couvée entière, à l'aide d'une balance (précision 0,1 g). La longueur et la largeur ont été mesurées pour chaque œuf à l'aide d'un pied à coulisse (précision 0,05 cm). Les mensurations ont été réalisées durant les premiers jours d'incubation quand les parents sont absents. Le volume des œufs a été calculé en utilisant la formule de Hoyt (1979) :

$$EV = 0,51 \times EL \times EB^2 \quad (EV : \text{volume}, EL : \text{longueur et } EB : \text{largeur de l'œuf}).$$

Le coefficient de variation (CV) est calculé suivant la formule :

$$CV = (\text{moyenne}/\text{écart-type}) \times 100$$

### 2.1.5. Durées d'incubation et d'élevage

Pour la plupart des passereaux, un œuf est pondu par jour, et l'incubation commence quand le dernier œuf est pondu (Nur *et al.*, 1999 ; Rodriguez et Morino, 2008; Bensouilah *et al.*, 2014). La durée d'incubation est l'intervalle entre la ponte du dernier œuf et l'éclosion du premier œuf. La durée d'élevage est l'intervalle entre l'éclosion du premier œuf et l'envol du dernier oisillon.

### 2.1.6. Succès de reproduction

Le succès moyen à l'éclosion représente le rapport du nombre d'œufs éclos sur la grandeur de ponte, le succès moyen à l'envol représente le rapport du nombre de jeunes envolés sur le nombre d'œufs éclos. Cependant, le succès moyen de la reproduction représente le nombre de jeunes envolés sur la grandeur de ponte (Chabi, 1998 ; Bensouilah *et al.*, 2014). Le nombre de jeunes éclos est déterminé lors des visites de prospection, puis vérifié avec les œufs non éclos. Le succès ou l'échec de la nidification est déduit de l'observation du nid après l'envol des jeunes (Mikkola, 1983 ; Cramp, 1985 ; Ravussin et Neet, 1995).

Une reproduction réussie (au moins un poussin envolé du nid) a été établie en se basant sur : a) l'observation de l'envol des poussins ou leur présence aux alentours de l'arbre portant le nid ; b) l'observation des poussins juste avant leur envol, à un âge au moins égal à 15 jours, lorsqu'ils sont capables de quitter le nid ; c) l'observation d'un nid vide avec des fientes encore disposées sur sa périphérie et coïncidant avec la période d'envol et d) l'observation d'absence de trace de prédation au nid.

Les pertes dues à la prédation d'origine animale ont été reconnues par : a) la présence de fragments de coquilles ou d'œufs perforés ou cassés au nid ; b) nid intact et complètement vide ; c) la mort de poussins au nid avec traces de prédation ; d) l'absence d'œufs ou de poussins dans un nid en désordre ; ou e) l'absence d'œufs ou de poussins à une période 'anormale' par rapport au processus de reproduction.

L'abandon de ponte ou de nid suite à un dérangement d'origine humaine a été reconnu par la présence d'œufs non éclos et froids au toucher (dépassement de la durée d'incubation). La destruction volontaire de ponte ou de nid par l'homme a été reconnue par un nid détruit et/ou déplacé avec présence de coquilles d'œufs cassés. En l'absence de signes clairs et

apparents d'échec de reproduction, la cause de l'échec a été notée 'inconnue' (Hanane *et al.*, 2011 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

### 2.1.7. Survie journalière des nichées

Avec un minimum de deux visites faites à l'intérieur d'un laps de temps raisonnable, environ une semaine, il est encore possible de calculer un taux de survie journalière pour le nid ou son contenu. La réussite de la couvaison (s) a été estimée par la méthode de Mayfield (1961, 1975) selon la formule :  $s = ((1 - a)/b)^n \times 100$ , où a = nombre de pontes détruites pendant la couvaison, b = nombre de jours d'exposition pour l'ensemble des nids, n = durée d'incubation pour l'espèce, soit 12 jours pour le Verdier d'Europe et 13 jours pour le Serin cini. Selon cette méthode, le taux de réussite journalier des nids ((1 - a)/b) est supposé constant durant toute la couvaison. Les risques d'erreurs de taux de survie quotidienne ont été calculés par la méthode de Johnson (1979).

### 2.1.8. Estimation de la productivité

La mesure essentielle de la réussite d'une tentative de nidification est la production globale des jeunes à l'envol. Les variations de la grandeur de ponte ou le taux d'échec quotidien, par exemple, pouvaient être importants au niveau de la population seulement s'ils affectent le nombre de jeunes produits à l'envol. Pour confirmer si les différences sont susceptibles d'avoir des effets sur les performances de reproduction, nous avons combiné les estimations spécifiques de la grandeur de ponte, le rapport nombre de poussins / nombre d'œufs et les taux d'échec quotidiens pour estimer le nombre des jeunes à l'envol produit par tentative de reproduction selon l'équation suivante :

$$\mathbf{FPA = CS \times CER \times (1 - EFR)^{EP} \times (1 - NFR)^{NP}}$$

FPA est le nombre des jeunes à l'envol produit par tentative. La grandeur de ponte (CS) et le nombre d'œufs éclos ont été définis comme les maxima enregistrés. Le rapport du nombre de poussins / nombre d'œufs (CER) a été défini comme la proportion d'œufs éclos dans les cas où les nids n'ont pas échoué complètement. Le EFR et NFR sont les taux d'échec quotidiens dans les stades œuf et poussin et les EP et NP sont les durées d'incubation + la période de ponte et d'élevage respectivement (Peach *et al.*, 1999 ; Siriwardena *et al.*, 2000 ; Kelleher et O'Halloran, 2006 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

Nous avons estimé également le nombre des œufs éclos produits par tentative de reproduction selon l'équation suivante :

$$\text{ROA} = \text{BS} \times (1 - \text{IFR})^{\text{IP}} \times (1 - \text{NFR})^{\text{NP}}$$

ROA est le nombre des œufs éclos produits par tentative. BS est le maximum nombre d'œufs éclos enregistré. Le IFR et NFR sont les taux d'échec quotidiens dans les stades d'incubation et d'élevage et les IP et NP sont les durées d'incubation et d'élevage respectivement (Paradis *et al.*, 2000 ; Kelleher et O'Halloran, 2006 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

### 2.1.9. Croissance pondérale des poussins

A partir de l'éclosion, nous avons marqué individuellement les poussins sur les pattes, et nous les avons pesés deux fois par semaine. La longueur, la queue, l'aile, et le tarse ont été mesurés pour chaque poussin à partir du 5<sup>ème</sup> jour et jusqu'à l'envol afin de déterminer la courbe de croissance.

### 2.1.10. Effet des conditions climatiques

Nous avons utilisé les données climatiques enregistrées par la station météorologique de Guelma durant la saison de reproduction (mars jusqu'à juillet). Ces données comprennent les températures moyennes (°C) et les valeurs des précipitations (mm) par jour. Les deux variables sont fortement corrélées avec la progression de la saison de reproduction. Les températures moyennes augmentent significativement avec la progression de la saison de reproduction et ils sont négativement corrélés avec les valeurs des précipitations. En effet, ces facteurs ont été utilisés afin de déterminer leur influence sur le début de la saison de reproduction, les durées d'incubation et d'élevage et en fin sur le succès de la reproduction.

## 2.2. Ecologie de la reproduction

### 2.2.1. Densité des couples nicheurs

On a utilisé le nombre maximum de nids actifs simultanément pendant une période de cinq jours successifs pour calculer la densité des couples nicheurs (J.A. Gil-Delgado et Z. Kosiński *Personal comment* ; Bensouilah *et al.*, 2014).

## 2.2.2. Habitat

Trois différents habitats (néflier du Japon, orangers et oliviers) ont été choisis en fonction de leur proximité à des cours d'eaux adjacents. Concernant l'oranger, nous avons travaillé dans deux vergers ayant des catégories d'âge différents (le premier de plus de 60 ans et le deuxième de moins de 15 ans) afin de déterminer l'effet de l'âge du verger sur certains paramètres de reproduction chez les couples nicheurs.

### 2.2.2.1. Micro habitat

L'emplacement du nid sur l'arbre a été analysé par les mesures suivantes, effectuées à l'aide d'une perche graduée : a) hauteur de l'arbre (NTH), b) hauteur du nid au sol (NHG), c) hauteur du nid à la partie inférieure du feuillage (DLC), d) distance du nid au tronc (DNT), e) distance du nid à la partie extérieure du feuillage (DEC) et f) longueur de la branche portant le nid (NBL).

Nous avons représenté la position des nids en pourcentage de la hauteur de l'arbre et de sa distance par rapport au tronc. Ainsi, leur position relative verticale (NVP) dans la frondaison a été calculée par la formule :

$$\text{NVP} = \text{DLC} / [(\text{NTH} - \text{NHG}) + \text{DLC}] \times 100 ;$$

Alors que leur position relative horizontale (NPI) a été calculée par :

$$\text{NPI} = \text{DNT} / [(\text{DNT} + \text{DEC})] \times 100 ;$$

NVP varie donc de 0 (nid situé tout en bas de la frondaison) à 100 (nid au sommet de l'arbre), et NPI de 0 (nid situé sur le tronc) à 100 (nid situé en limite de frondaison) également. Le mode d'occupation des frondaisons par les nids a été établi par la corrélation entre les NVP et les NPI (Marques *et al.*, 2002 ; Mezquida 2004 ; Rodriguez et Moreno, 2008 ; Hanane et Baâmal, 2011 ; Hanane 2012, 2014a ; Bensouilah *et al.*, 2014).

## 3. Exploitation des résultats

### 3.1. Exploitation des résultats par les indices écologiques

Selon Costello *et al.*, (2004) les indices de diversité les plus utilisés sont l'indice de richesse spécifique de Margalef suivi par l'indice de diversité de Shannon-Wiener (Salas *et al.*, 2006). Ceux-ci ont trait au peuplement dans son ensemble. Le calcul des indices de

diversité de Shannon et de la régularité (équitabilité) permet d'évaluer la diversité spécifique et l'état d'équilibre numérique des peuplements. Pour Warwick et Clarke (1998), Rogers *et al.*, (1999) ces indices sont susceptibles d'être fortement influencés par différentes dimensions de l'échantillon (effort d'échantillonnage, type d'habitat ou sa complexité). Pour ces auteurs les variations de ces indices ne peuvent pas être exclusivement liées à la réponse des espèces et du peuplement à la perturbation de l'écosystème. L'intérêt pour l'utilisation des indices s'est accentué depuis les années 2000.

### 3.1.1. Utilisation des indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition combinent le nombre des espèces ou richesse totale et leur quantité exprimée en abondance, en fréquence ou en densité d'individus contenus dans le peuplement (Blondel, 1975).

#### 3.1.1.1. Richesse totale et moyenne

La richesse représente un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement (Muller, 1985). Elle peut être envisagée sous deux aspects différents : soit la richesse totale  $S$ , qui est le nombre total des espèces contactées au moins une fois au terme des  $N$  relevés et la richesse moyenne ( $S'$ ) est le rapport entre le nombre total d'individus ( $Q_i$ ) pour chacune des espèces et le nombre total de relevés ( $N$ ) effectués :  $S' = Q_i/N$  (Blondel, 1975, 1979 ; Ramade, 1984).

#### 3.1.1.2. Fréquence centésimale

La connaissance de la fréquence centésimale revêt un intérêt dans l'étude des peuplements (Ramade, 1984). La fréquence  $F$  est le pourcentage des individus d'une espèce  $n$  par rapport au total des individus  $N_i$  (Dajoz, 1971 ; Blondel, 1975). Cette fréquence traduit l'importance numérique d'une espèce au sein d'un peuplement. Plusieurs auteurs parlent de dominance plus ou moins grande pour exprimer l'influence qu'une espèce est supposée exercer au sein de la biocénose (Dajoz, 1971).

$$F = (n \times 100) / N_i$$

- $n$  : Le nombre d'individus de l'espèce ;
- $N_i$  : Le nombre total d'individus.

Selon la classification de Krogerus (1932) in Ramade (1984) :

- $F > 5\%$  : Espèces dominantes ;
- $2\% < F < 5\%$  : Espèces influentes ;
- $F < 2\%$  : Espèces résidentes.

### 3.1.1.3. Fréquence d'occurrence

Selon Bachelier (1978) et Dajoz (1971), la fréquence d'occurrence est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés  $P_i$  contenant l'espèce  $i$  prise en considération au nombre total de relevés  $P$  :

$$F.O = (P_i \times 100) / P$$

- $P_i$  : Le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée ;
- $P$  : Le nombre total de relevés.

En fonction de la valeur de  $F.O$  %, nous plaçons les espèces dans l'une des classes de constance. Il est nécessaire dans ce cas d'utiliser la règle de Sturge pour déterminer le nombre de classes de constance, puis l'intervalle de chacune d'elles (Scherrer, 1984) :

$$NC = 1 + (3,3 \log_{10} N)$$

- $NC$  : est le nombre de classes ;
- $N$  : est le nombre total des espèces.

En fonction de la valeur de  $F_i$ , on distingue les catégories suivantes selon Dajoz (1985) et (Muller, 1985) :

- Les espèces omniprésentes ( $F_i=100\%$ ) ;
- Les espèces constantes ( $75 < F_i < 100$ ) ;
- Les espèces régulières ( $50 < F_i < 75$ ) ;
- Les espèces communes ( $25 < F_i < 50$ ) ;
- et les espèces rares ( $5 < F_i < 25$ ) ;
- et les espèces exceptionnelles ( $F_i < 5$ ).

## 3.2. Exploitation des résultats par des analyses statistiques

Toutes les analyses ont été effectuées après vérification des critères de normalité (test de KOLMOGOROV-SMIRNOV) et d'homoscédasticité (test de LEVENE) des différents variables dépendantes et indépendantes. Si possible, les variables qui ne suivent pas de

distribution normale ont été transformés en  $\text{Log}_{10}$  pour apporter des perfectionnements de normalité des variables afin d'utiliser les tests paramétriques. Sinon, d'autres tests non paramétriques ont été utilisés tels que le test de Chi square, Wilcoxon, Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney.

Le test Linear Mixed Models (LMM) a été établi afin de comparer la phénologie de ponte entre les habitats, les sites et les années de suivi.

L'analyse de variance ANOVA à un ou deux voies a été effectuée pour chercher une éventuelle variation de la grandeur de ponte, des durées d'incubation et d'élevage, du nombre moyen d'œufs éclos, du nombre moyen des jeunes à l'envol, du succès à l'éclosion, du succès à l'envol, du succès de la reproduction et des paramètres d'emplacement des nids en fonction des habitats et l'interaction (habitats X année). La procédure de l'analyse de variance ANOVA à un facteur permet d'effectuer une analyse de variance uni-variée sur une variable quantitative dépendante par une variable critère simple (indépendant). L'analyse de variance sert à tester l'hypothèse d'égalité des moyennes. Cette technique est une extension du test  $t$  pour deux échantillons. Déterminer que des différences existent parmi les moyennes ne suffit peut-être pas. Il faut éventuellement savoir quelles sont les moyennes qui diffèrent. Il existe les tests post hoc pour comparer les moyennes.

L'analyse GLM multivariée (MANOVA deux voies) a été réalisée afin de déterminer s'il existe des différences de moyennes sur les indices de variation saisonnière de la grandeur de ponte et les variables de la productivité des nids (le nombre moyen des œufs éclos et des juvéniles produits par nids) entre les deux sites, les deux années, les habitats et l'interaction (habitats X année).

Lorsqu'il existe des différences parmi les moyennes, les tests de post hoc et de comparaisons multiples appariées ont été utilisés pour déterminer les moyennes qui diffèrent. Les comparaisons sont effectuées sur des valeurs non-ajustées. Ces tests servent aux facteurs inter-sujets fixés seulement. Dans GLM, ces tests ne sont pas disponibles s'il n'y a pas de facteurs inter-sujets. Les tests de comparaisons multiples post hoc sont effectués pour la moyenne de tous les niveaux des facteurs intra-sujets. Pour GLM Multivarié, les tests post hoc sont effectués séparément pour chaque variable dépendante. Les tests de différence significative de Bonferroni et Tukey servent généralement comme tests de comparaison multiples. Le test de Bonferroni, fondé sur la statistique  $t$  de Student, ajuste le niveau de

signification observé en fonction du nombre de comparaisons multiples qui sont effectuées. Le test de Tukey utilise la statistique de plage de Student pour effectuer des comparaisons appariées entre les groupes et fixe le taux d'erreur empirique au taux d'erreur du regroupement de toutes les comparaisons appariées. Le test de comparaison multiple appariée de différence la moins significative (LSD) est équivalent aux divers tests  $t$  individuels entre toutes les paires des groupes. L'inconvénient de ce test est qu'il n'essaie pas d'ajuster le niveau d'importance observée pour les comparaisons multiples.

Des analyses de covariance ANCOVA ont été utilisées pour déterminer les variations de paramètres d'emplacement des nids en fonction des dates de pontes (variation saisonnières) après l'élimination des variations spatiales et temporelles.

Des régressions linéaires ou quadratiques ont été utilisées pour déterminer les variations saisonnières de la grandeur de ponte, des durées d'incubation et d'élevage, le nombre moyen d'œufs éclos, le nombre moyen de jeunes à l'envol, le succès à l'éclosion, le succès à l'envol et le succès de la reproduction d'une part et d'autre part pour analyser les relations entre la phénologie de ponte et les variables climatiques notamment les températures moyennes et les précipitations.

Le coefficient de corrélation de PEARSON a été utilisé pour analyser les relations entre les paramètres de position des nids dans les frondaisons. Dans le texte, les moyennes sont présentées avec leurs erreurs standards (moyenne  $\pm$  ES) et celles des mensurations d'œufs avec leur écart-type dans le but de calculer le coefficient de variation. Les valeurs de  $P < 0.05$  ont été considérées comme significatives.

Les analyses statistiques ont été réalisées par SPSS version 19.

# Résultats

Les résultats obtenus sur les peuplements aviens concernent d'abord une étude globale de l'avifaune dans la région d'étude. Ainsi, les oiseaux de la région de Guelma sont inventoriés et classés en fonction des ordres, des familles, de leur origine biogéographique et de leur catégorie phénologique.

### 1. Inventaire avifaunistique

Les oiseaux recensés dans la région d'étude sont présentés dans le tableau 4. Les espèces qui fréquentent (1) les milieux ouverts (maquis et les bosquets forestiers); et celles qui vivent dans (2) les milieux fermés (forêts de cyprès, chêne zen et chêne liège) (3) et les zones agricoles prises en considération soit les arboricultures des néfliers, des orangers et des oliviers sont placées dans trois colonnes différentes. L'ordre adopté est celui de Heinzl *et al.*, (2004).

**Tableau 04 : Inventaire des oiseaux de la région de Guelma (2012-2015 ; 1, Les milieux ouverts ; 2, les forêts ; 3, les zones agricoles).**

Ordres	Familles	Noms communs	Noms scientifiques	Milieux			Catégories	
				1	2	3	OR	SPh
Ciconiiformes	Ardeidae	Héron garde bœuf	<i>Bubulcus ibis</i>			x	IA	Mp
		Héron cendré	<i>Area cinerea</i>			x	P	Mh
	Ciconiidae	Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	x		x	P	Me
Anseriformes	Anatidae	Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>			x	H	S
Falconiformes	Accipitridae	Milan royale	<i>Milvus milvus</i>	x		x	E	Mh
		Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	x			AM	Mh
		Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	x			E	S
		Elanion blanc	<i>Elanus caeruleus</i>	x			P	S
		Vautour percnoptère	<i>Neophron percnoptirus</i>	x			Eth	S
		Vautour fauve	<i>Gyps filvus</i>	x			P	S
		Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	x			P	S
		Buse féroce	<i>Buteo rufinus</i>	x		x	PX	S
	Aigle de	<i>Hieraetus</i>	x			M	S	

		Bonelli	<i>fasciatus</i>					
		Aigle botté	<i>Hieraaetus pennatus</i>	x			TM	Me
		Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>	x			H	S
	Falconidae	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	x			AM	S
		Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	x			C	S
		Faucon crécerellette	<i>Falco naumanni</i>			x	TM	Me
Galliformes	Numididea	Pintade de Numidie	<i>Numida meleagris</i>			x	Eth	S
	Phasianidae	Perdrix gabra	<i>Alectoris barbara</i>	x		x	M	S
		Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>			x	AM	S
Columbiformes	Columbidae	Pigeon biset	<i>Columba livia</i>	x			Fér	S
		Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>		x		Fér	Me
		Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	x			ET	S
		Tourterelle maillée	<i>Streptopelia senegalensis</i>			x	Eth	S
		Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>		x	x	IA	Me
Cuculiformes	Cuculidae	Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	x			P	Me
Strigiformes	Strigidae	Chevêche d'Athéna	<i>Athene noctua</i>			x	TM	S
		Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	x			P	S
Apodiformes	Apodidae	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	x		x	P	Me
		Martinet à ventre blanc	<i>Apus melba</i>	x		x	P	Me
		Martinet pâle	<i>Apus pallida</i>	x			M	Me
Coraciiformes	Meropidae	Guêpier d'Europe	<i>Merops apiaster</i>			x	TM	Me
		Rollier d'Europe	<i>Coracias garrulus</i>			x	ET	Me
Bucérotiformes	Upupidae	Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i>		x		AM	Me
Piciformes	Picidae	Pic épeichette	<i>Dendrocopos minor</i>		x		P	S
		Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>		x		P	S
		Pic de Levillant	<i>Picus vaillantii</i>		x		E	S
Passeriformes	Alaudidae	Alouette des	<i>Alauda arvensis</i>	x		x	P	S

		champs					
		Cochevis huppé	<i>Galerida cristata</i>	x		x	P S
		Cochevis de Thékla	<i>Galerida theklea</i>	x		x	P S
	Hirundinidae	Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbica</i>	x			P Me
		Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	x			H Me
	Motacillidae	Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	x	x	x	P Mh
		Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>	x			P Mh
		Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	x			P Me
		Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	x			E Mh
		Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	x			ET Mh
	Pycnonotidae	Bulbul des jardins	<i>Pycnonotus barbatus</i>		x	x	Eth S
	Laniidae	Pie-grièche grise	<i>Lanius meridionalis</i>	x			H Me
		Pie-grièche à tête rousse	<i>Lanius senator</i>			x	M S
		Pie-grièche isabelle	<i>Lanius isabellinus</i>	x			P Mp
	Phylloscopidae	Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>			x	E Mp
		Pouillot siffleur	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>		x	x	P Me
		Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>		x	x	P S
	Sylviidae	Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	x			E Mp
		Fauvette mélanocéphale	<i>Sylvia melanocephala</i>	x	x		TM S
		Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	x			ET Me
		Fauvette à lunettes	<i>Sylvia conspicillata</i>	x			M S
		Fauvette orphée	<i>Sylvia hortensis</i>	x			M Me
	Troglodytidae	Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>		x		H S
	Muscicapidae	Gobemouche	<i>Muscicapa striata</i>	x	x	x	ET Me

		gris					
		Gobemouche de l'Atlas	<i>Ficedula hypoleuca</i>		x	x	E Mpss
		Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	x		x	E Me
		Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	x	x		E Mh
		Rougequeue de moussier	<i>Phoenicurus moussieri</i>	x	x		M S
		Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	x			PXM Mh
		Agrobate roux	<i>Cercotrichas galactotes</i>	x	x	x	AM S
		Monticole bleue	<i>Monticola solitarius</i>	x			PXM Mh
		Traquet oreillard	<i>Oenanthe hispanica</i>	x			M S
		Traquet rieur	<i>Oenanthe leucura</i>	x			AM S
		Traquet isabelle	<i>Oenanthe isabellina</i>	x			P S
		Tarier pâtre	<i>Saxicola torquata</i>	x			P S
		Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>	x			E Mh
	Turdidae	Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	x		x	E Mh
		Merle noir	<i>Turdus merula</i>	x		x	P S
	Paridae	Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>		x	x	P S
		Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>		x	x	E S
	Certhiidae	Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>		x		E S
	Fringillidae	Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	x	x	x	M S
		Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	x	x	x	ET S
		Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>		x	x	ET S
		Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>		x	x	E S
		Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	x	x	x	ET Mp
	Passeridae	Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>		x	x	P S
		Moineau friquet	<i>Passer montanus</i>			x	M Mp

		Moineau espagnol	<i>Passer hispaniolensis</i>	x			TM	Me
	Emberizidea	Bruant zizi	<i>Emberiza cirrus</i>	x			M	Mh
		Bruant proyer	<i>Miliaria calandra</i>	x			ET	S
	Sturnidae	Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	x			ET	Mh
	Corvidae	Grand corbeau	<i>Corvus carax</i>	x	x		H	S

**Origines biogéographiques (OR)** H : Holarctique ; P : Paléarctique ; E : Européen ; AM : Ancien monde ; TM : Turkestando-Méditerranéen ; M : Méditerranéen ; ET : Européo-Turkestanien ; Eth : Ethiopien ; IA : Indo-Africain ; Px : Paléo-xérique ; Fér : Férale ; C : Cosmopolitan ; PXM: paléo-xéro-montagnard.

**Statuts phénologiques (SPh)** S : Sédentaire ; Mp : Migrateur partiel ; Mh : Migrateur hivernant ; Me : Migrateur estivant ; Mpss : Migrateur de passage.

### 1.1. Richesse de l'avifaune

La répartition des espèces a une relation très étroite avec les trois principaux types de milieux (Tableau 04). De ce fait les parties rocheuses des montagnes (Ain Chougga, Sidi M'aach et Maouna) « *Upland* », le sous-bois et le maquis « *Heathland, Grassland* » qui appartiennent à la plaine de Tamlouka (Chebka sellaoua, Sidi M'aach et Ain Arkou), de Sellaoua announa et celles qui font partie du Djebel Mouana sont placées dans la même catégorie des milieux ouverts. La prospection et le suivi de l'avifaune de la région a révélé la présence de 91 espèces d'oiseaux dans tous les milieux pris en considération (Tableau 04). Mais en fonction des types de milieux les valeurs varient. En effet, seulement 61 espèces sont vues ou entendues dans les milieux ouverts, 41 espèces dans les zones agricoles et 27 espèces dans les forêts.

Nous avons remarqué que dans tous les milieux étudiés, plus de la moitié des espèces appartiennent à l'ordre des Passériformes, soit 55 espèces. Les Falconiformes avec 14 espèces occupent le deuxième rang tandis que les autres ordres sont encore moins représentés. Nous avons retrouvé au total 91 espèces structurées en 31 familles avec la dominance des Muscicapidae représentées par 13 espèces, suivies par les Accipitridae avec 11 espèces. Les Sylviidae, Columbidae, Motacillidae et Fringillidae avec 5 espèces chacune. Cette dernière présente un caractère particulier, la plupart des espèces sont sédentaires nicheuses. Les autres

familles : Falconidae, Apodidae, Picidae, Alaudidae, Laniidae, Phylloscopidae et Passeridae sont représentées par 3 espèces chacune. Les familles restantes renferment soit 2 espèces comme les Turdidae, Emberizidae, Paridae, Muscicapidae, Hirundinidae, Meropidae, Strigidae, Phasianidae et des Ardeidae, ou une seule comme les Ciconiidae, Numididae, Cuculidae, Upupidae et Pycnonotidae (Tableau 04).

La répartition des 91 espèces d'oiseaux signalées dans la région d'étude se fait en 12 ordres, 31 familles, et 59 genres. L'ordre dominant est celui des Passeriformes avec 17 familles soit 54,83 %, 34 genres soit 57,62 % et 53 espèces soit 58,24 % (Tableau 04).

### 1.2. Statuts phénologiques

Les espèces d'oiseaux inventoriées sont classées d'après leur statut phénologique dans le tableau 05. L'analyse du peuplement révèle une dominance du caractère de sédentarisation avec 52,2% par rapport aux autres catégories (Tableau 05).

**Tableau 05 : Statut phénologique des espèces dans la région de Guelma.**

	Fréquence	Pourcentage (%)
S	47	52,2
Me	22	24,4
Mh	14	15,6
Mp	6	6,7
Mpss	1	1,1
Total	91	100

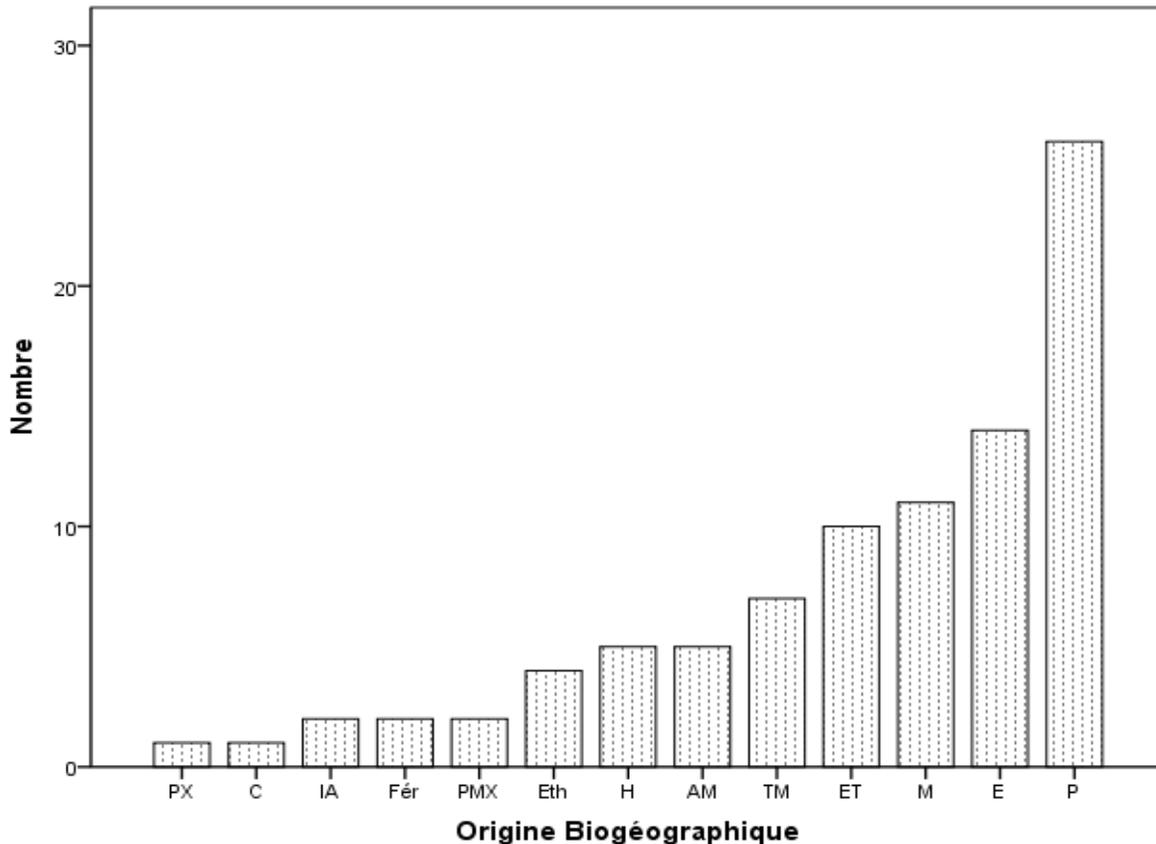
S : sédentaire ; Me : migrateur estivant ; Mh : hivernant ; Mp : partiel ; Mpss : de passage.

Les estivants représentent 24,4%, ces derniers, arrivent généralement dans la région au début du printemps, soit pour se reproduire comme la Tourterelle des bois, le Gobemouche gris et la Pie-grièche à tête rousse, ou pour passer la période estivale.

### 1.3. Origine biogéographique des espèces

L'ensemble des espèces d'oiseaux recensées appartiennent à différentes catégories d'origine biogéographique définies selon Voous (1960), sont notées dans la Figure 07.

L'avifaune de la région de Guelma appartient à 13 types fauniques. La majorité des espèces appartiennent au type Paléarctique avec 27 espèces, soit 28,9%. Il est suivi par le type Européen avec 14 espèces, soit 15,6%, le type Méditerranéen avec 11 espèces, soit 12,2%, et par le type Européo-Turkistanien avec 10 espèces, soit 11,1%. Les autres types sont faiblement représentés.



**Figure 07: Origine biogéographique des espèces dans la région de Guelma (H : Holarctique ; P : Paléarctique ; E : Européen ; AM : Ancien monde ; TM : Turkeстано-Méditerranéen ; M : Méditerranéen ; ET : Européo-Turkestanien ; Eth : Ethiopien ; IA : Indo-Africain ; Px : Paléo-xérique ; Fér : Férale ; C : Cosmopolitan ; PXM: Paléo-xéro-montagnard).**

#### 1.4. Inventaire de l'avifaune nicheuse

L'analyse des milieux occupés par cette avifaune montre que la répartition des espèces aviaires est en relation étroite avec les ressources alimentaires et la nidification dans la région d'étude : Un premier cortège d'espèces associées aux milieux ouverts (Tableau 06), à savoir les alaudidés, les fringillidés, les turdidés, les laniidés et les phasianidés. On trouve des espèces

représentatives d'une strate arbustive dans les milieux ouverts comme la Linotte mélodieuse, le Verdier d'Europe, le Serin cini, les Rouges-queues, les Pies-grièches, le Tarier pâtre, l'Agrobate roux et le Merle noir. D'autre part, on note les espèces qui nichent au sol comme le Traquet rieur, le Cochevis de Thékla, l'Alouette des champs, la Perdrix gabra et la Caille des blés.

Un deuxième cortège des espèces associées aux zones agricoles qui constituent le plus important milieu de la présente étude à savoir les fringillidés, les alaudidés, les columbidés, les turdidés, les laniidés, les sylviidés, les paridés et les phasianidés (Tableau 07). Parmi les espèces les plus importantes qui fréquentent ce type de milieu dans notre région d'étude on cite : l'Alouette des champs, le Chardonneret élégant, le Pinson des arbres, le Serin cini, les Tourterelles des bois et maillée, les Pouillots vélocé et siffleur, la Chevêche d'Athéna, la Pie-grièche à tête rousse, la Perdrix gabra et le Bruant proyer.

On trouve également un troisième cortège, qui reflète le caractère essentiellement forestier de la zone de Maouna et celle de Béni Salah, où la majorité des espèces contactées sont en effet associées principalement aux arbres, comme les Pics, les Mésanges, les Pouillots, les Fauvettes, les Gobemouches, certains columbidés (Pigeon ramier et Tourterelle des bois), la Huppe fasciée, le Grimpereaux des jardins et les autres espèces communes de la région telle que les fringillidés. La majorité des espèces rencontrées nichent dans les arbres avec des nids ouverts comme les columbidés ou bien dans des cavités d'arbres que ce soient primaires comme les Pics ou secondaires comme les Mésanges (Tableau 08).

Dans les milieux ouverts, la Pie-grièche à tête rousse est l'espèce la plus abondante avec 9 couples/10h suivie par le Bulbul des jardins et le Bruant proyer avec 8,5 couples/10h, puis le Traquet oreillard avec 8 couples/10h. La fréquence d'occurrence des espèces dans ce milieu a été maximale chez le Bulbul des jardins et le Bruant proyer avec 100% suivies par le Cochevis de Tékhla avec 83,3%. La Pie-grièche à tête rousse est l'espèce qui a la plus grande fréquence centésimale avec 7,79 suivie par le Bulbul des jardins et le Bruant proyer avec 7,35.

Dans les zones agricoles, le Verdier d'Europe est l'espèce la plus abondante avec 32,5 couples/10h suivie par le Guêpier d'Europe avec 14 couples/10h, le Bulbul des jardins avec 13 couples/10h, la Tourterelle des bois avec 11 couples/10h et le Serin cini avec 10 couples/10h. Le Verdier d'Europe est l'espèce la plus fréquente avec 84,61% suivie par le Serin cini avec 61,53%.

La plus grande fréquence centésimale a été enregistrée chez le Verdier d'Europe avec 14,13 suivi par le Guêpier d'Europe avec 6,08.

Dans les forêts, la Mésange bleue est l'espèce la plus abondante avec 5,5 couples/10h (fréquence d'occurrence 55,5%, centésimale 2,39) suivie par la Mésange charbonnière avec 2,5 couples/10h.

**Tableau 06 : Structure et densité de l'avifaune nicheuse dans les milieux ouverts.**

Espèce	Densité di	Fréquence d'occurrence	Fréquence centésimale
Bruant proyer	8,5	100	7,35
Cochevis de Thékla	6	83,33	5,19
Bulbul des jardins	8,5	100	7,35
Serin cini	1,5	33,33	1,29
Linotte mélodieuse	8	50	6,92
Moineau espagnol	1	33,33	0,86
Rougequeue de Moussier	1,5	33,33	1,29
Verdier d'Europe	5,5	66,66	4,76
Tarier pâtre	1	33,33	0,86
Guêpier d'Europe	7	50	6,06
Pie-grièche à tête rousse	9	66,66	7,79
Busard des roseaux	0,5	16,66	0,43
Hirondelle rustique	2	66,66	1,73
Gobemouche de l'Atlas	0,5	16,66	0,43
Traquet isabelle	0,5	16,66	0,43
Traquet oreillard	8	50	6,92
Rougequeue noire	1	33,33	0,86
Fauvette mélanocéphale	4,5	66,66	3,89
Traquet rieur	1,5	50	1,29
Grand corbeau	1	33,33	0,86
Milan royal	3,5	66,66	3,03
Merle noir	1,5	50	1,29
Cigogne blanche	1,5	33,33	1,29
Cochevis huppé	4	50	3,46
Moineau domestique	6	50	5,19
Faucon crécerelle	0,5	16,66	0,43
Monticole bleu	1,5	33,33	1,29
Mésange bleue	1,5	33,33	1,29
Pouillot véloce	1,5	33,33	1,29
Perdrix gabra	3,5	50	3,03

Caille des blés	0,5	16,66	0,43
Alouette lulu	0,5	16,66	0,43
Alouette des champs	0,5	16,66	0,43
Agrobate roux	1	16,66	0,86
Pinson des arbres	2	16,66	1,73
Vautour percnoptère	3	16,66	2,59
Pouillot siffleur	0,5	16,66	0,43
Chardonneret élégant	1	16,66	0,86
Richesse Sm	38,5		
Richesse S	40		
Densité D	115,5		

**Tableau 07 : Structure et densité de l'avifaune nicheuse dans les milieux agricoles.**

Espèce	Densité di	Fréquence d'occurrence	Fréquence centésimale
Bruant proyer	0,5	7,69	0,21
Cochevis de Thékla	0,5	7,69	0,21
Bulbul des jardins	13	53,84	5,65
Serin cini	10	61,53	4,34
Linotte mélodieuse	4	30,76	1,73
Moineau espagnol	5	30,76	2,17
Verdier d'Europe	32,5	84,61	14,13
Guêpier d'Europe	14	38,46	6,08
Pie-grièche à tête rousse	2,5	30,76	1,08
Hirondelle rustique	6	30,76	2,60
Gobemouche de l'Atlas	1,5	23,07	0,65
Rougequeue noir	2,5	15,38	1,08
Fauvette mélanocéphale	2	30,76	0,86
Milan royal	0,5	7,69	0,21
Merle noir	8	53,84	3,47
Cigogne blanche	8,5	46,15	3,69
Cochevis huppé	3	23,07	1,30
Moineau domestique	10,5	30,76	4,56
Faucon crécerelle	1,5	23,07	0,65
Mésange bleue	5	38,46	2,17
Pouillot véloce	2,5	23,07	1,08
Perdrix gabra	6	38,46	2,60
Caille des blés	2,5	23,07	1,08
Agrobate roux	7,5	61,53	3,26
Pinson des arbres	6,5	53,84	2,82
Pouillot siffleur	4	15,38	1,73
Chardonneret élégant	1	15,38	0,43

Chevêche d'Athéna	2	23,07	0,86
Étourneau sansonnet	0,5	7,69	0,21
Tourterelle turque	3,5	15,38	1,52
Tourterelle maillée	7	38,46	3,04
Tourterelle des bois	11	46,15	4,78
Bergeronnette grise	3,5	15,38	1,52
Pigeon biset	9	15,38	3,91
Martinet noir	4,5	15,38	1,95
Martinet pale	2,5	15,38	1,08
Mésange charbonnière	1,5	15,38	0,65
Moineau friquet	1	7,69	0,43
Héron garde bœuf	4,5	30,76	1,95
Canard colvert	1,5	15,38	0,65
Busard des roseaux	1	15,38	0,43
Buse féroce	0,5	7,69	0,21
Rossignol philomèle	3	30,76	1,30
Hirondelle de fenêtre	5	23,07	2,17
Gobemouche gris	3	23,07	1,30
Richesse <b>Sm</b>	35,38		
Richesse <b>S</b>	49		
Densité <b>D</b>	230		

Tableau 08 : Structure et densité de l'avifaune nicheuse dans les forêts.

Espèce	Densité di	Fréquence d'occurrence	Fréquence centésimale
Pigeon ramier	1	11,11	0,43
Tourterelle des bois	0,5	11,11	0,21
Huppe fasciée	1	22,22	0,43
Pic épeichette	1,5	22,22	0,65
Pic épeiche	0,5	11,11	0,21
Pic de Levailant	1	22,22	0,43
Bulbul des jardins	0,5	11,11	0,21
Pouillot siffleur	0,5	11,11	0,21
Pouillot véloce	0,5	11,11	0,21
Gobemouche gris	0,5	11,11	0,21
Gobemouche de l'Atlas	0,5	11,11	0,21
Troglodyte mignon	1,5	33,33	0,65
Rougegorge familier	1	22,22	0,43
Agrobate roux	0,5	11,11	0,21
Mésange charbonnière	2,5	44,44	1,08
Mésange bleue	5,5	55,55	2,39
Grimpereau des jardins	1	22,22	0,43

Serin cini	1	22,22	0,43
Linotte mélodieuse	2,5	33,33	1,08
Chardonneret élégant	2,5	22,22	1,08
Pinson des arbres	2,5	33,33	1,08
Verdier d'Europe	2	33,33	0,86
Moineau domestique	2	11,11	0,86
Grand corbeau	1	11,11	0,43
Fauvette mélanocéphale	0,5	11,11	0,21
Rougequeue de Moussier	0,5	11,11	0,21
Richesse <b>Sm</b>	8,11		
Richesse <b>S</b>	29		
Densité <b>D</b>	36,5		

## 2. Variation des paramètres de la reproduction

### 2.1. Biologie de la reproduction

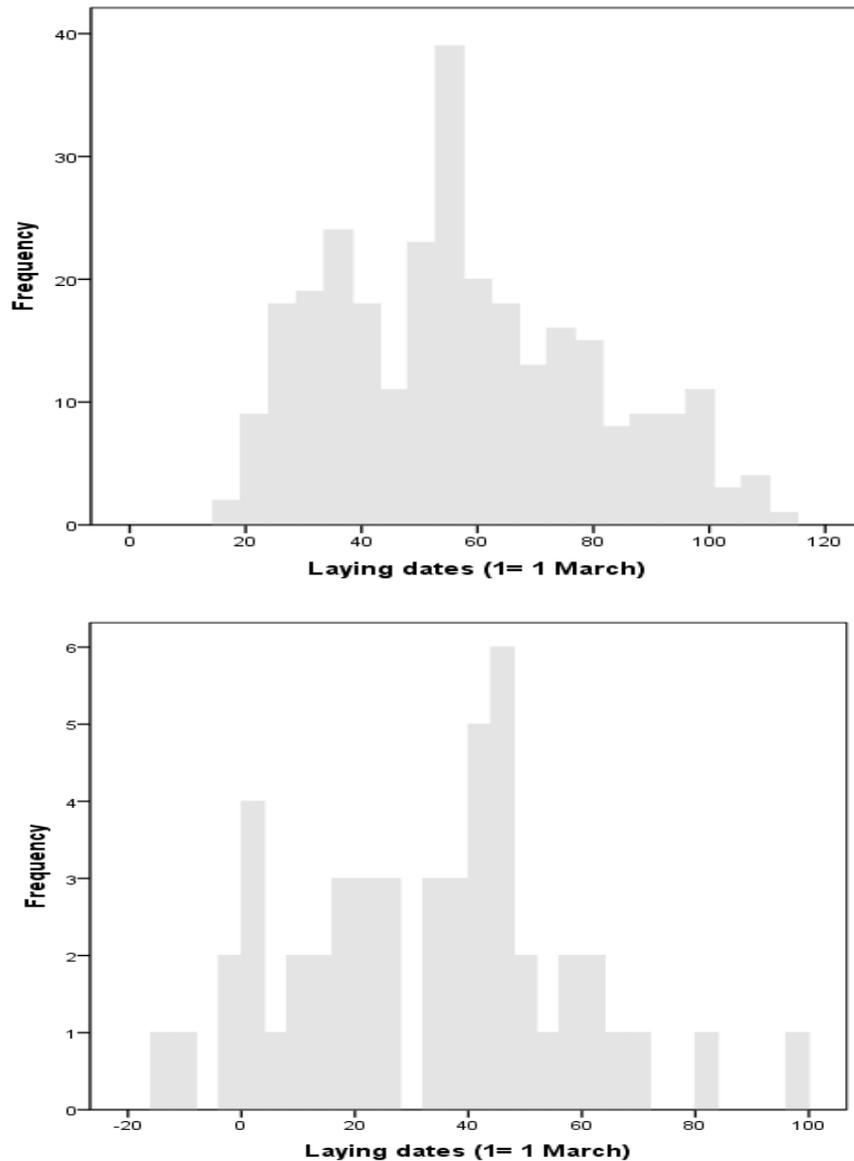
#### 2.1.1. Phénologie de ponte

La période de ponte chez le Verdier d'Europe s'étale sur 12 semaines (93 jours), à partir de mi-mars (les premiers œufs du couple le plus précoce ont été observés le 18 mars) jusqu'à la mi-juin (les derniers œufs du couple le plus tardif ont été observés le 19 juin). Elle est nettement différente entre les trois habitats, les deux sites et les deux saisons de reproduction (Tableau 09). La distribution des dates de ponte des premiers œufs montre trois pics d'activité de ponte (Figure 08), durant la dernière semaine de mars ( $n = 34$ , 11,72%), la dernière semaine d'avril ( $n = 56$ , 19,37%) et la première semaine de juin ( $n = 17$ , 5,86%), ce dernier pic n'est pas clairement marqué.

Le début de la reproduction ne présente aucune différence significative entre les habitats (Kruskal-Wallis test,  $H = 2,000$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,368$ ) et les sites (Mann-Whitney U-test,  $Z = -1,964$ ,  $p = 0,317$ ), bien que durant la deuxième saison la différence entre l'olivier et les orangers ait atteint 15 jours, mais la différence entre les deux années de suivi a été hautement significative (Mann-Whitney U-test,  $Z = -3,587$ ,  $p < 0,0005$ ). Le début a été tardif en 2014 par rapport à 2013 (Tableau 09).

En général, la première saison de reproduction a commencé environ deux à quatre semaines plus tôt par rapport à la deuxième saison. En 2013, la date de ponte du couple le plus précoce a

été enregistré dans un néflier du Japon le 18 mars, et celle en 2014 a été enregistrée dans les orangers le 3 avril. La différence annuelle dans chaque habitat pris à part a varié entre 13 jours dans les orangers, 25 jours dans l'olivier et jusqu'à 28 jours dans le néflier du Japon. La phénologie de reproduction montre des grandes variations entre les habitats (LMM,  $F_{2,287} = 4,846$ ,  $p < 0,009$ ), les sites (LMM,  $F_{1,139} = 12,643$ ,  $p < 0,001$ ) et les années de l'étude (LMM,  $F_{1,288} = 10,800$ ,  $p < 0,001$ ) (Figure 09 a, b et c). La date moyenne de ponte est le 26 avril (57,03). Elle varie en fonction de l'année, l'habitat et le site d'étude (Tableau 09).



**Figure 08: Phénologie de ponte du Verdier d'Europe et du Serin cini dans la région de Guelma.**

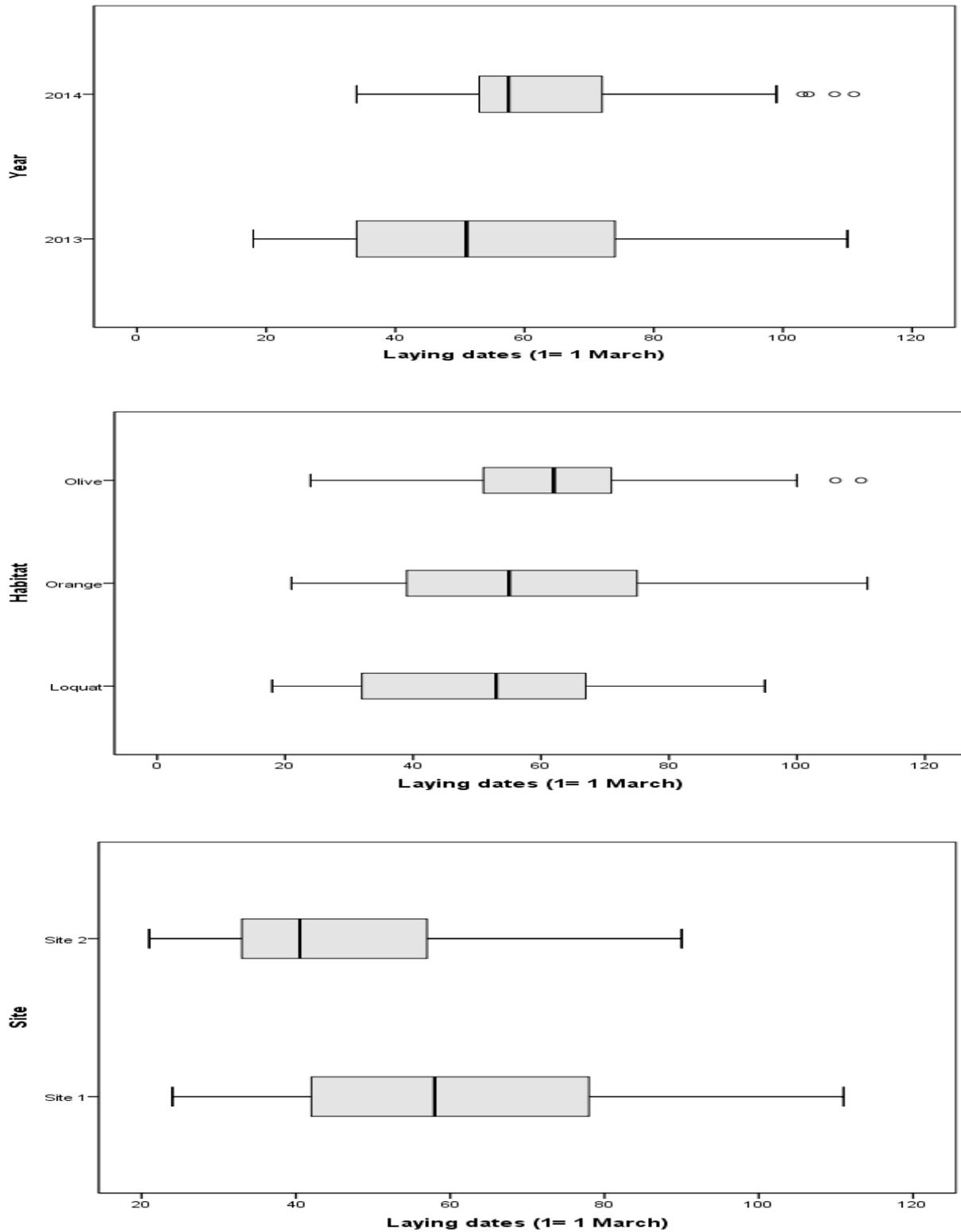
**Tableau 09 : Variations de la chronologie, des dates moyennes et des périodes de ponte chez le Verdier d'Europe.**

Dates de ponte (1 = 1 mars)	N	Période (jours)	Min	Max	Moy	SE	SD
Total	290	93	18	111	57,03	1,306	22,246
2013	196	92	18	110	54,11	1,687	23,619
2014	94	77	34	111	63,13	1,824	17,681
Néflier du Japon	86	77	18	95	51,73	2,290	21,234
Oranger	141	90	21	111	57,62	1,926	22,876
Olivier	63	86	24	110	62,95	2,618	20,777
Site 1	107	87	24	111	61,33	2,214	22,899
Site 2	34	69	21	90	45,94	3,211	18,724

N : nombre des nids ; SE : risque d'erreur ; SD : standard déviation.

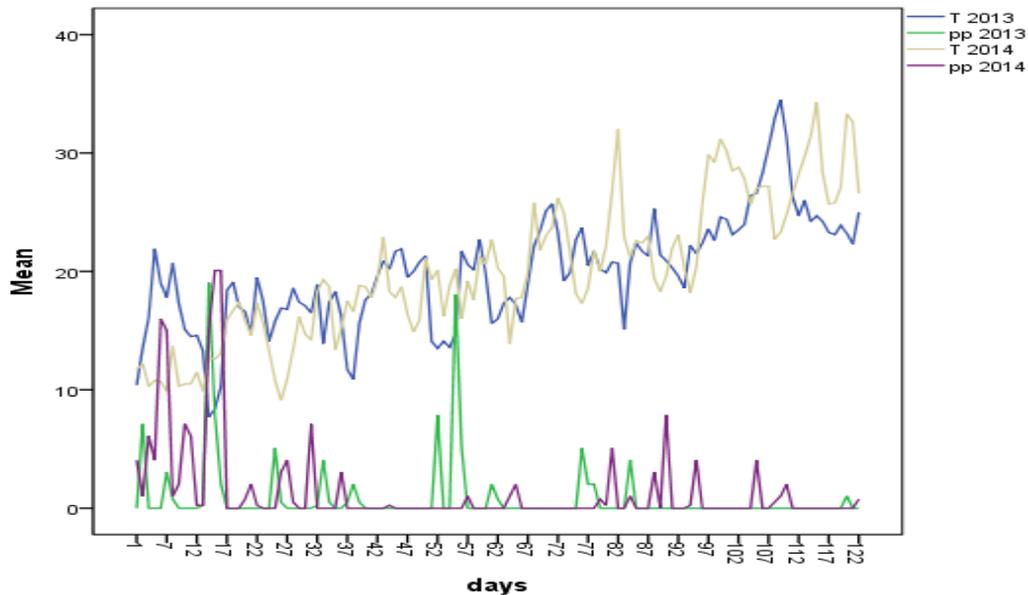
Le début de la reproduction est hautement influencé par les conditions météorologiques, plus particulièrement la température moyenne et la hauteur des précipitations. En effet, la comparaison des dix jours du début de saison de reproduction avec ceux qui les précèdent a montré une augmentation significative au niveau du moyenne journalière des températures enregistrées du 14,02 °C au 17,35 °C ( $t = - 3,472, p < 0,001$ ) et une chute considérable au niveau des précipitations du 2,23 mm à 0,43 mm (Wilcoxon test,  $Z = - 2,095, p = 0,03$ ).

La comparaison de ces deux paramètres pendant le mois de mars (mois de début de reproduction) a montré que la deuxième saison était significativement plus froide ( $t = 3,659, p < 0,001$ ) et plus humide (Wilcoxon test,  $Z = - 0,444, p = 0,657$  ; la différence au niveau des précipitations moyennes n'est pas significative) par rapport à la première saison (15,71 °C et 2,02 mm, 2013 ; 12,88 °C et 4,52 mm, 2014).



**Figure 09: Variations de la chronologie et la période de ponte en fonction de l'année (a), l'habitat (b) et le site (c) chez le Verdier d'Europe.**

Chaque année, les dates de ponte ont été corrélées positivement avec la température moyenne (régression linéaire :  $r^2 = 0,552$ ,  $F_{1,120} = 148,09$ ,  $p < 0,0005$  ;  $r^2 = 0,769$ ,  $F_{1,120} = 395,35$ ,  $p < 0,0005$  ; 2013 et 2014 respectivement) et négativement avec les précipitations ( $r = -0,251$ ,  $n = 122$ ,  $p < 0,005$  ;  $r = -0,370$ ,  $n = 121$ ,  $p < 0,0005$  ; 2013 et 2014 respectivement). En plus, les précipitations sont corrélées négativement avec la température moyenne ( $r = -0,399$ ,  $n = 122$ ,  $p < 0,0005$  ;  $r = -0,370$ ,  $n = 121$ ,  $p < 0,0005$  ; 2013 et 2014 respectivement) (Figure 10).



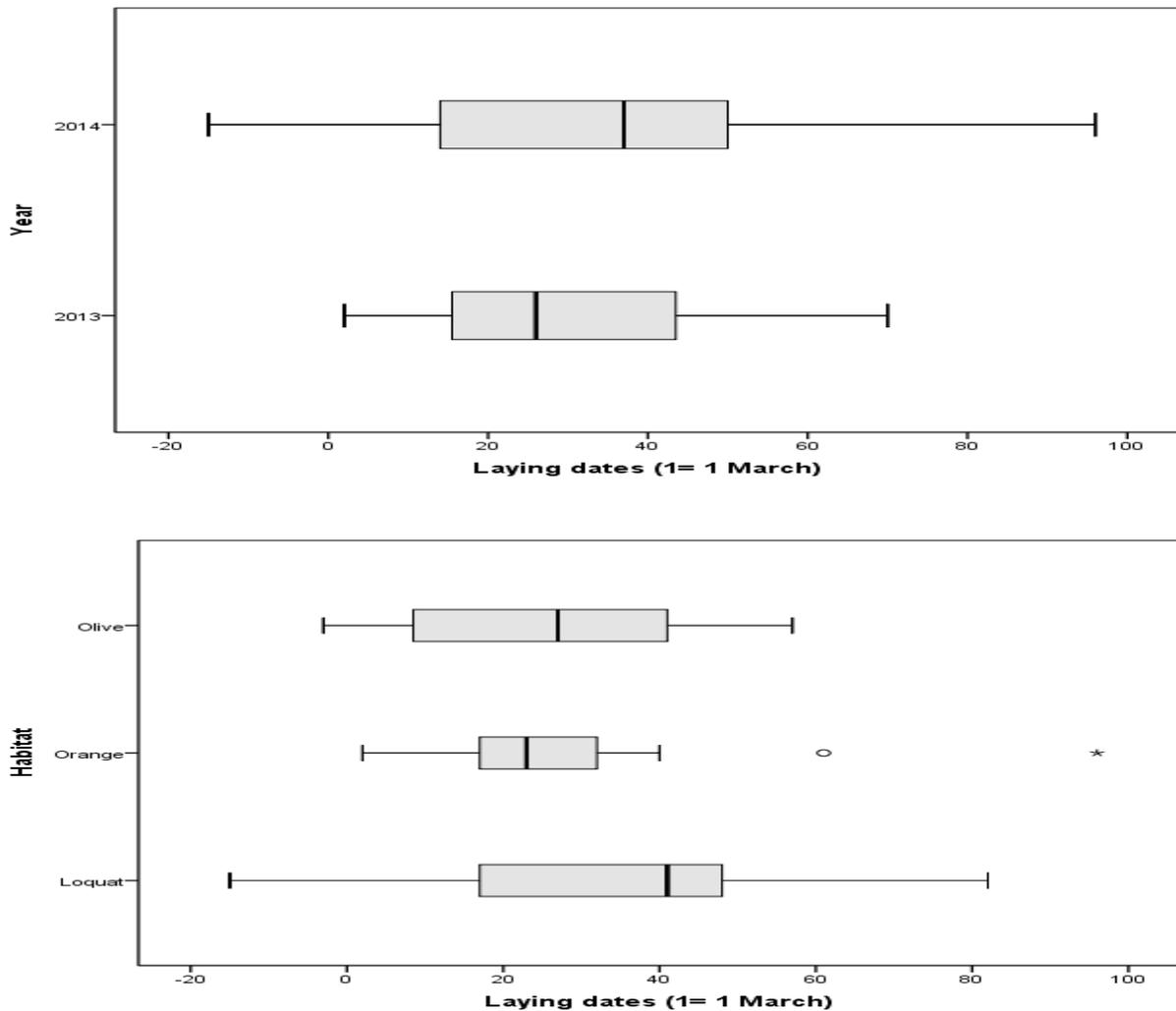
**Figure 10: Variations des températures et des précipitations durant les deux saisons de reproduction (T : Température ; pp : Précipitations).**

Chez le Serin cini, la période de ponte s'étale sur 14 semaines (111 jours), à partir de la mi-février (les premiers œufs du couple le plus précoce ont été observés le 14 février) jusqu'au début du juin (les premiers œufs du couple le plus tardif ont été observés le 4 juin). Elle est nettement différente entre les trois habitats et les deux saisons de reproduction (Tableau 10). La distribution des dates de pontes des premiers œufs montre un pic d'activité durant la première quinzaine d'avril ( $n = 15$ , 30,0%) (Figure 08).

Le début de la reproduction ne semble pas influencé par les habitats (Kruskal-Wallis test,  $H = 1,836$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,399$ ) et les deux années de suivi (Mann-Whitney U-test,  $Z = -1,225$ ,  $p = 0,221$ ) (Tableau 10).

La phénologie de ponte montre une grande variation entre les habitats (LMM,  $F_{2,287} = 4,846, p < 0,009$ ) et les années de l'étude (LMM,  $F_{1,288} = 10,800, p < 0,001$ ) (Figure 11 a et b).

La date moyenne de ponte est le 1<sup>er</sup> avril (32,24), elle varie en fonction de l'année et l'habitat (Tableau 10).

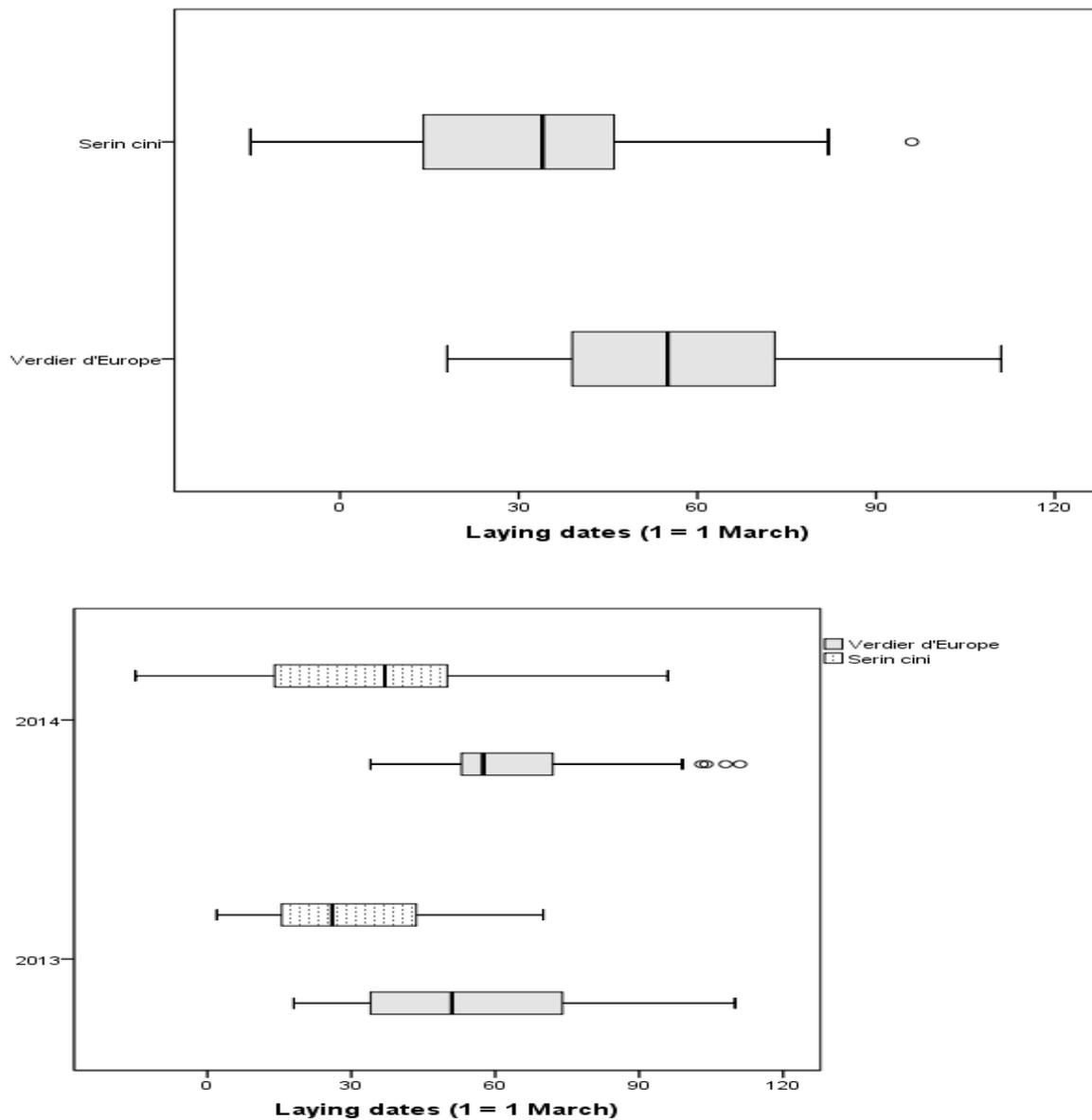


**Figure 11: Variations de la chronologie et la période de ponte en fonction de l'année (a) et l'habitat (b) chez le Serin cini.**

La température moyenne a influencé sur le début de la reproduction. En effet, la comparaison des dix jours du début de saison de reproduction avec ceux qui les précèdent a montré une augmentation significative au niveau du moyenne journalière des températures

enregistrées du 11,53 °C au 16,15 °C ( $t = - 3,838$ ,  $p < 0,001$ ), mais les précipitations moyennes ne montrent aucun effet (Wilcoxon test,  $Z = - 1,095$ ,  $p = 0,368$ ).

Le début de la reproduction chez le Serin cini est plus précoce par rapport au Verdier d'Europe (Mann-Whitney U-test,  $Z = 12,832$ ,  $p < 0,0005$ ), La phénologie de reproduction et les dates médianes de ponte varient considérablement entre les deux espèces (LMM,  $F_{1,338} = 51,843$ ,  $p < 0,0005$ ) (Figure 12 a et b).



**Figure 12: Variation de la chronologie et la période de ponte entre les deux espèces.**

**Tableau 10 : Variations de la chronologie, dates moyennes et les périodes de ponte chez le Serin cini.**

Dates de ponte (1 = 1 mars)	N	Période (jours)	Min	Max	Moy	SE	SD
Total	50	111	-15	96	32,24	3,372	23,845
2013	23	68	2	70	30,13	3,977	19,072
2014	27	111	-15	96	34,04	5,293	27,505
Néflier du Japon	30	97	-15	82	35,23	4,356	23,861
Oranger	13	94	2	96	28,85	7,032	25,354
Olivier	7	60	-3	57	25,71	8,337	22,058

N : nombre des nids ; SE : risque d'erreur ; SD : standard déviation.

### 2.1.2. Grandeur de ponte

Les œufs ont été pondus sur plusieurs jours consécutifs (environ 24 heures d'intervalle) dans les premières heures qui suivent le lever du soleil. Chez le Verdier d'Europe, la grandeur de ponte moyenne est  $4,36 \pm 0,03$  ( $n = 290$ ), la plus élevée a été enregistrée en mai ( $4,46 \pm 0,06$ ,  $n = 83$ ) et la plus faible en juin ( $4,00 \pm 0,09$ ,  $n = 27$ ), elle a fluctué entre un minimum de 2 et un maximum de 5 œufs (Tableau 12), mais comme d'autres fringillidés la majorité des pontes sont de 4 (45%) et 5 (39,1%) œufs, et présentent un mode et une médiane de 4 œufs par nid ( $n = 144$ ) (Figure 13).

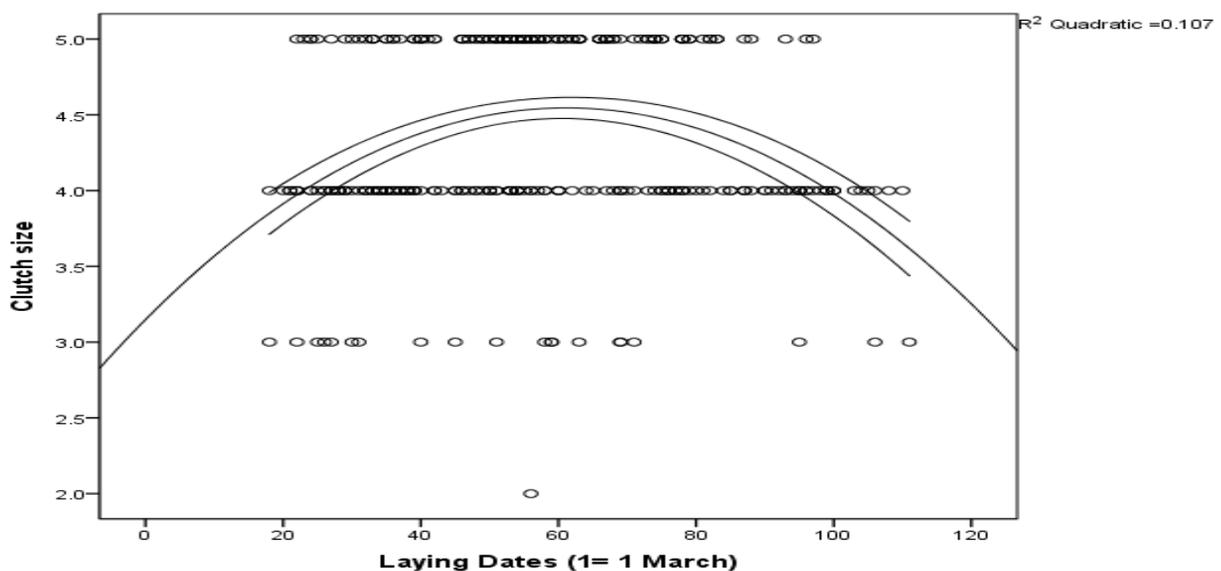


**Figure 13 : Nid contenant 05 œufs du Verdier d'Europe installé dans un oranger (Photo prise par BENSOUILAH Taqiyeddine le 09 avril 2013).**

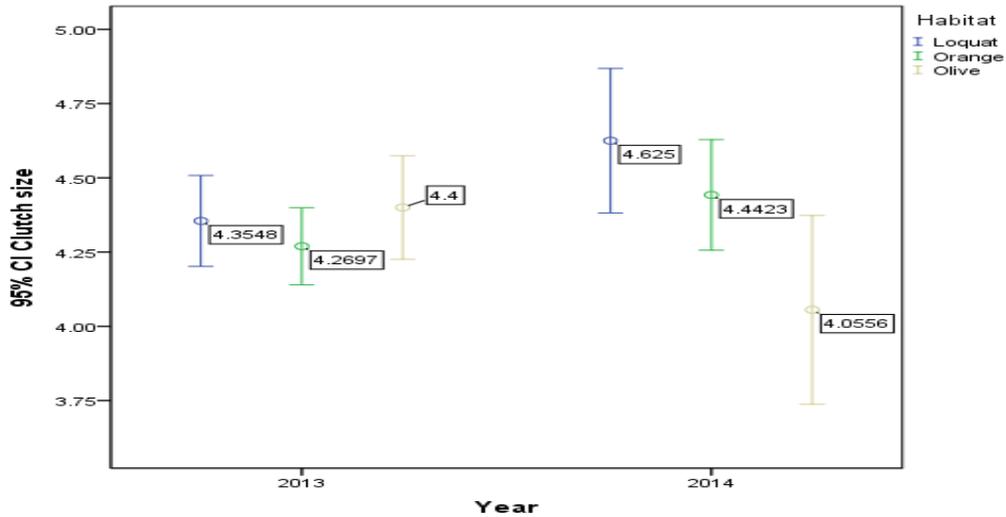
La ponte a commencé avec des grandeurs minimales qui augmentent habituellement pour atteindre un pic, puis elle a diminué progressivement jusqu'à la fin de la saison de reproduction. La grandeur de ponte est significativement influencée par les dates de ponte (régression quadratique :  $r^2 = 0,107$ ,  $F_{2,287} = 17,122$ ,  $p < 0,0005$ ) (Figure 14).

La grandeur de ponte varie significativement en fonction de l'interaction (Habitat x Année) (Two Way Anova :  $F_{2,284} = 4,226$ ,  $p = 0,016$ ), mais elle ne présente aucune variation significative en fonction de l'habitat (Anova :  $F_{2,287} = 0,941$ ,  $p = 0,391$ ), l'année ( $t = 1,276$ ,  $p = 0,259$ ) et le site de l'étude ( $t = 1,275$ ,  $p = 0,261$ ) (Figure 15). Il n'existe aucune variation significative entre la première et la deuxième ponte ( $t = 0,882$ ,  $p = 0,348$ ).

Les indices de variation saisonnière de la grandeur de ponte enregistrés sont : l'augmentation de la taille de ponte AGP (*Clutch size increase*) = 1,66, la pente initiale PI (*Initiale slope*) = 0,04, le Timing de la maximale grandeur de ponte TMGP (*Timing of maximum clutch size*) = 0,67 et le Timing modal TM = 0,84. Ces indices montrent une variation significative en fonction de l'habitat (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,154$ ,  $F_{4,626} = 241,9$ ,  $p < 0,0005$ ), de la saison de reproduction (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,212$ ,  $F_{2,313} = 582,9$ ,  $p < 0,0005$ ) et en fonction de l'interaction de ces deux variables (Habitat x Année) (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,167$ ,  $F_{4,626} = 226,3$ ,  $p < 0,0005$ ). La variation entre les sites est également significative (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,073$ ,  $F_{2,157} = 101,3$ ,  $p < 0,0005$ ).



**Figure 14 : Variation saisonnière de la grandeur de ponte chez le Verdier d'Europe.**



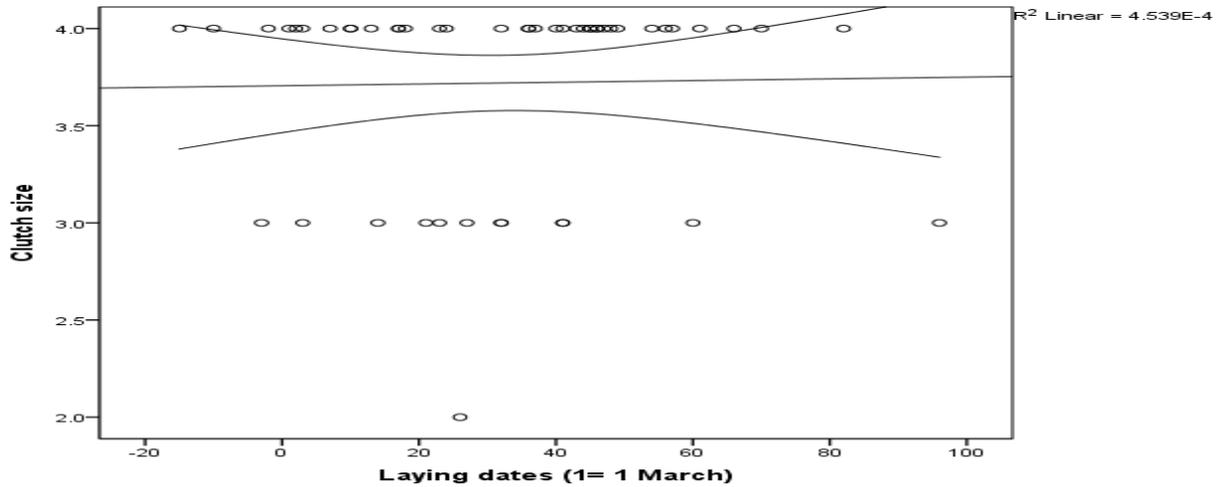
**Figure 15 : Variation de la moyenne de grandeur de ponte chez le Verdier d'Europe entre les habitats et en fonction des années d'étude.**

Chez le Serin cini, la grandeur de ponte moyenne est  $3,72 \pm 0,07$  ( $n = 50$ ), la plus élevée a été enregistrée en avril ( $3,79 \pm 0,08$ ,  $n = 24$ ) et la plus faible en mars ( $3,61 \pm 0,14$ ,  $n = 18$ ), elle a varié entre un minimum de 2 et un maximum de 4 œufs (Tableau 13), mais la majorité des pontes sont de 4 (63,8%) et 3 (20,7%) œufs, et présentent un mode et un médiane de 4 œufs par nid ( $n = 37$ ) (Figure 16).



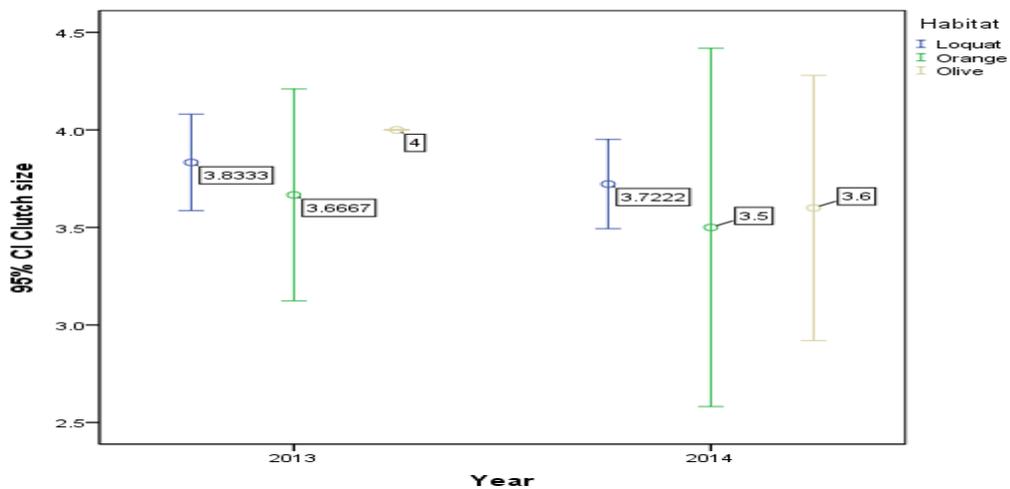
**Figure 16 : Nid contenant 03 œufs du Serin cini installé dans un oranger (Photo prise par BENSOUILAH Taqiyeddine le 27 mars 2013).**

La grandeur de ponte ne varie pas significativement en fonction des dates de ponte (régression linéaire :  $r^2 = 0,004$ ,  $F_{1,48} = 0,022$ ,  $p = 0,883$ ) (Figure 17).



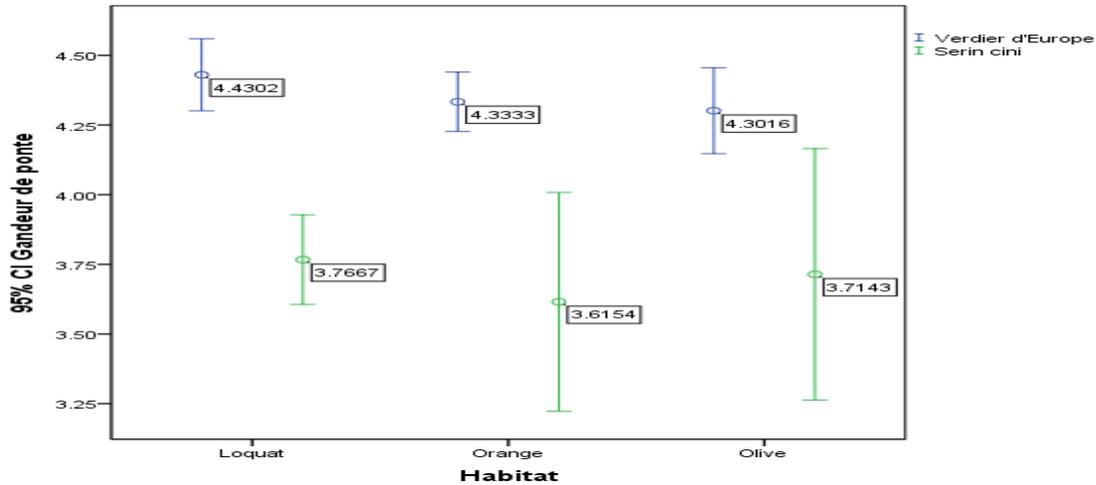
**Figure 17 : Variation saisonnière de la grandeur de ponte chez le Serin cini.**

La grandeur de ponte ne varie pas en fonction de l'habitat (Anova :  $F_{2,47} = 0,411$ ,  $p = 0,665$ ), l'année ( $t = 0,673$ ,  $p = 0,416$ ) et le site de l'étude ( $t = 0,814$ ,  $p = 0,386$ ) (Figure 18).



**Figure 18 : Variation de la moyenne de grandeur de ponte chez le Serin cini entre les habitats et en fonction des années d'étude.**

La grandeur de ponte moyenne chez le Verdier d'Europe est significativement plus grande que celle chez le Serin cini ( $t = 6,835$ ,  $p < 0,0005$ ) (Figure 19).



**Figure 19 : Variation de la moyenne de grandeur de ponte entre les deux espèces en fonction des habitats.**

### 2.1.3. Caractéristiques des œufs

Les valeurs moyennes de la masse, la longueur, la largeur et le volume des œufs du Verdier d'Europe sont présentées dans le Tableau 11 avec l'écart type (ET) et le coefficient de variation (CV).

**Tableau 11 : Caractéristiques des œufs chez le Verdier d'Europe.**

	N	Min	Max	Moy	ET	CV
Long (cm)	348	1,8	2,2	2,0016	0,08687	4,34
Larg (cm)	348	1,3	1,56	1,4267	0,04955	3,47
Masse (g)	348	1,7	2,3	2,0034	0,13598	6,78
Vol (cm <sup>3</sup> )	348	1,72	2,64	2,0805	0,17375	8,35

### 2.1.4. Durées d'incubation et d'élevage

Chez le Verdier d'Europe, la période moyenne d'incubation a été de  $11,99 \pm 0,09$  jours ( $n = 207$ ). Elle varie en général entre 10 et 16 jours (médiane et mode = 12,  $n = 58$  ; 28,0%) (Tableau 12). Chaque année, la durée d'incubation est influencée significativement et négativement par la température moyenne ( $r = -0,172$ ,  $n = 133$ ,  $p < 0,001$  ;  $r = -0,227$ ,  $n = 74$ ,  $p < 0,001$  ; 2013 et

2014 respectivement) et positivement par les précipitations ( $r = 0,218$ ,  $n = 133$ ,  $p < 0,001$  ;  $r = 0,132$ ,  $n = 74$ ,  $p < 0,001$  ; 2013 et 2014 respectivement).

La durée d'incubation varie significativement d'un habitat à un autre (Anova,  $F_{2,204} = 7,574$ ,  $p < 0,001$ ) ; Post-hoc test (néflier du Japon-oranger,  $LSD = 0,868$ ,  $p < 0,0005$  ; néflier du Japon-olivier,  $LSD = 0,664$ ,  $p = 0,018$  ; oranger-olivier  $LSD = - 0,204$ ,  $p = 0,417$ ) et d'un site à un autre ( $t = 5,525$ ,  $p = 0,021$ ), mais elle ne présente aucune variation annuelle ( $t = 1,791$ ,  $p = 0,182$ ).

La période d'élevage moyenne enregistrée a été  $17,05 \pm 0,12$  jours ( $n = 118$ ). Elle a varié entre 15 et 20 jours (médiane et mode = 17,  $n = 32$  ; 27,1%).

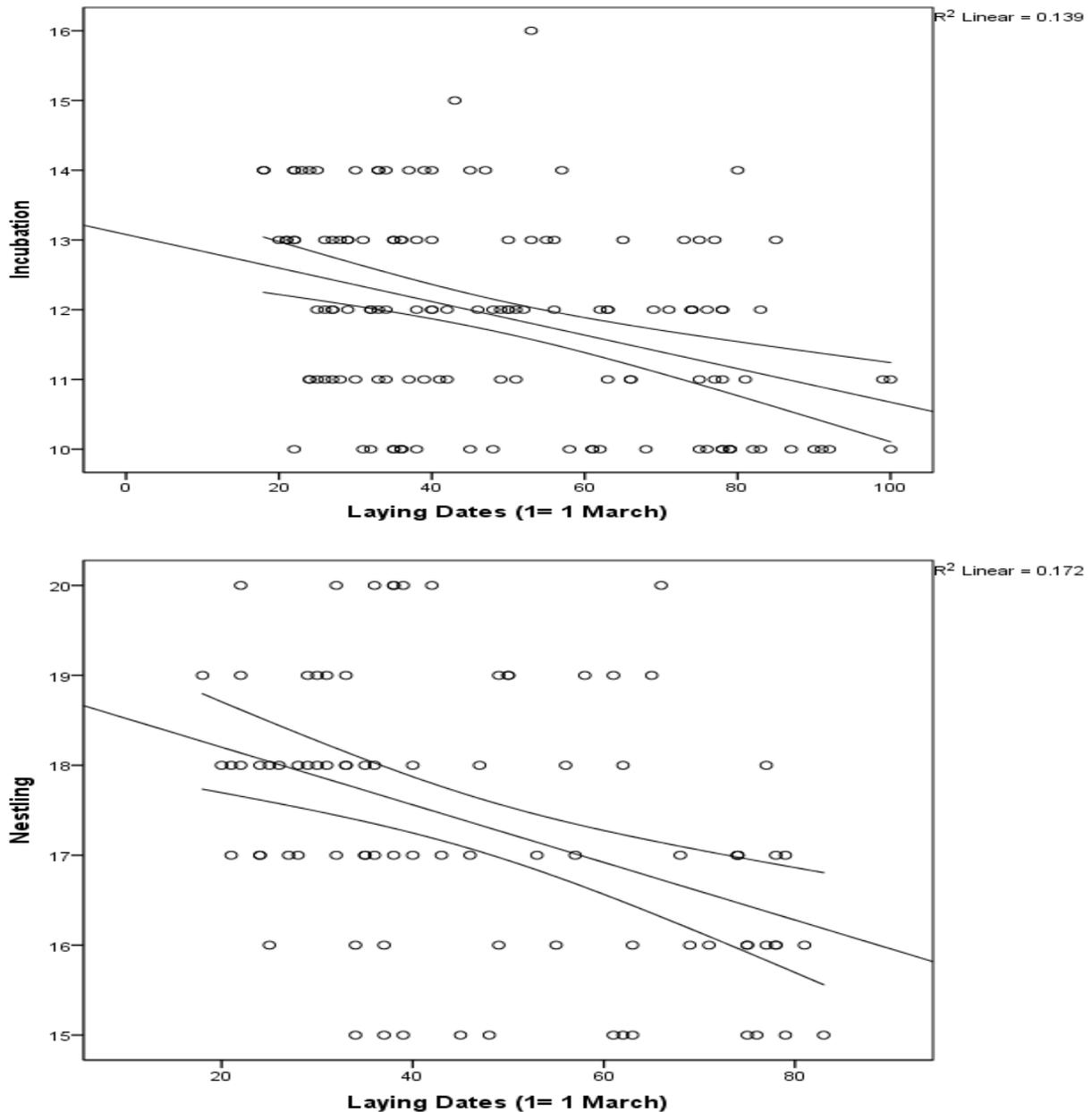
La période d'élevage varie significativement d'un habitat à un autre (Anova,  $F_{2,115} = 9,412$ ,  $p < 0,001$ ) ; Post-hoc test (néflier du Japon-oranger,  $LSD = 1,114$ ,  $p < 0,0005$  ; néflier du Japon-olivier,  $LSD = 1,153$ ,  $p < 0,001$  ; oranger-olivier,  $LSD = - 0,039$ ,  $p = 0,900$ ) et d'un site à un autre ( $t = 4,800$ ,  $p = 0,033$ ), mais elle ne présente aucune variation annuelle ( $t = 1,296$ ,  $p = 0,257$ ).

Les durées d'incubation (régression linéaire :  $r^2 = 0,139$ ,  $F_{1,131} = 21,121$ ,  $p < 0,0005$  ;  $r^2 = 0,181$ ,  $F_{1,72} = 15,912$ ,  $p < 0,0005$  ; 2013 et 2014 respectivement) et d'élevage (régression linéaire :  $r^2 = 0,172$ ,  $F_{1,84} = 17,447$ ,  $p < 0,0005$  ;  $r^2 = 0,177$ ,  $F_{1,30} = 11,125$ ,  $p < 0,001$  ; 2013 et 2014 respectivement) semblent diminuer dans les nichées tardives, elles sont corrélées négativement et significativement avec les dates de ponte (Figure 20).

Chez le Serin cini, la période moyenne d'incubation a été de  $13,30 \pm 0,11$  jours ( $n = 43$ ). Elle varie en général entre 12 et 14 jours (médiane et mode = 14,  $n = 21$  ; 36,2%) (Tableau 13). La durée d'incubation ne varie pas en fonction de l'habitat (Anova,  $F_{2,40} = 0,514$ ,  $p = 0,602$ ) et l'année de l'étude ( $t = 0,010$ ,  $p = 0,920$ ). La durée d'incubation n'est pas influencée par la température moyenne, les précipitations et les dates de pontes (régression linéaire :  $r^2 = 0,006$ ,  $F_{1,41} = 0,235$ ,  $p = 0,630$ ).

La période d'élevage moyenne enregistrée a été de  $15,94 \pm 0,12$  jours ( $n = 32$ ), elle a varié entre 15 et 17 jours (médiane et mode = 16,  $n = 16$  ; 27,6%). La période d'élevage ne varie pas significativement en fonction de l'habitat (Anova,  $F_{2,29} = 0,193$ ,  $p = 0,826$ ) et l'année de l'étude

( $t = 0,792$ ,  $p = 0,381$ ). La durée d'élevage n'est pas influencée par la température moyenne, les précipitations et les dates de ponte (régression linéaire :  $r^2 = 0,008$ ,  $F_{1,30} = 0,001$ ,  $p = 0,982$ ).



**Figure 20 : Variation des durées d'incubation (a) et d'élevage (b) chez le Verdier d'Europe.**

La durée d'incubation chez le Serin cini est significativement plus grande que celle chez le Verdier d'Europe ( $t = - 5,876$ ,  $p < 0,0005$ ), mais la période d'élevage chez le Serin cini est inférieure à celle du Verdier d'Europe ( $t = 3,788$ ,  $p < 0,0005$ ).

### 2.1.5. Succès à l'éclosion

Chez le Verdier d'Europe, le nombre moyen d'œufs éclos est  $3,02 \pm 0,11$  ( $n = 290$ ). Il varie significativement au cours de la saison (régression quadratique :  $r^2 = 0,047$ ,  $F_{2,287} = 17,122$ ,  $p < 0,001$ ). Il augmente jusqu'à un pic puis il diminue jusqu'à la fin de la saison de reproduction (Figure 21, 23a).

Ce nombre ne montre aucune variation entre les habitats (Anova,  $F_{2,287} = 0,662$ ,  $p = 0,516$ ) et les sites de l'étude ( $t = 2,061$ ,  $p = 0,153$ ), mais la moyenne enregistrée en 2013 ( $2,79 \pm 0,14$ ) est significativement inférieure à celle de 2014 ( $3,49 \pm 0,19$ ) ( $t = 7,684$ ,  $p < 0,006$ ), et le nombre moyen d'œufs éclos de la première ponte ( $3,25 \pm 0,14$ ) est supérieur à celui de la deuxième ponte ( $2,65 \pm 0,20$ ) ( $t = 5,992$ ,  $p < 0,001$ ) (Tableau 12). Il varie significativement en fonction de la grandeur de ponte (régression quadratique :  $r^2 = 0,107$ ,  $F_{2,287} = 17,128$ ,  $p < 0,0005$ ).

Le succès à l'éclosion est en moyenne de  $68,34 \pm 2,62\%$ , il varie significativement au cours de la saison (régression quadratique :  $r^2 = 0,042$ ,  $F_{2,287} = 6,273$ ,  $p < 0,002$ ). Le succès à l'éclosion ne montre aucune variation entre les habitats (Anova,  $F_{2,287} = 0,747$ ,  $p = 0,475$ ) et les sites de l'étude ( $t = 1,390$ ,  $p = 0,240$ ), mais le succès moyen enregistré en 2013 ( $64,38 \pm 3,27\%$ ) est significativement inférieur à celui de 2014 ( $76,59 \pm 4,23\%$ ) ( $t = 4,806$ ,  $p < 0,002$ ), et le moyen de la première ponte ( $74,03 \pm 3,07\%$ ) est supérieur à celui de la deuxième ponte ( $59,42 \pm 4,52\%$ ) ( $t = 7,548$ ,  $p < 0,006$ ).

Chez le Serin cini, le nombre moyen des œufs éclos est  $2,96 \pm 0,19$  ( $n = 50$ ), il varie significativement au cours de la saison (régression linéaire :  $r^2 = 0,008$ ,  $F_{1,48} = 0,409$ ,  $p = 0,525$ ) (Figure 22, 24a). Ce nombre ne montre aucune variation entre les habitats (Anova,  $F_{2,47} = 0,106$ ,  $p = 0,900$ ) et les deux années ( $t = 0,411$ ,  $p = 0,524$ ) (Tableau 13), mais il varie significativement en fonction de la grandeur de ponte (Anova,  $F_{2,47} = 4,688$ ,  $p = 0,014$ ).

Le succès à l'éclosion est en moyenne de  $78,83 \pm 4,86\%$ . Il ne varie pas au cours de la saison (régression linéaire :  $r^2 = 0,019$ ,  $F_{1,48} = 0,456$ ,  $p = 0,636$ ). Le succès à l'éclosion ne montre aucune variation entre les habitats (Anova,  $F_{2,47} = 0,114$ ,  $p = 0,893$ ) et les années ( $t = 0,868$ ,  $p = 0,356$ ).



**Figure 21 : Les poussins du Verdier d'Europe (Photo prise par BENSOUILAH Taqiyeddine le 04 mai 2013).**

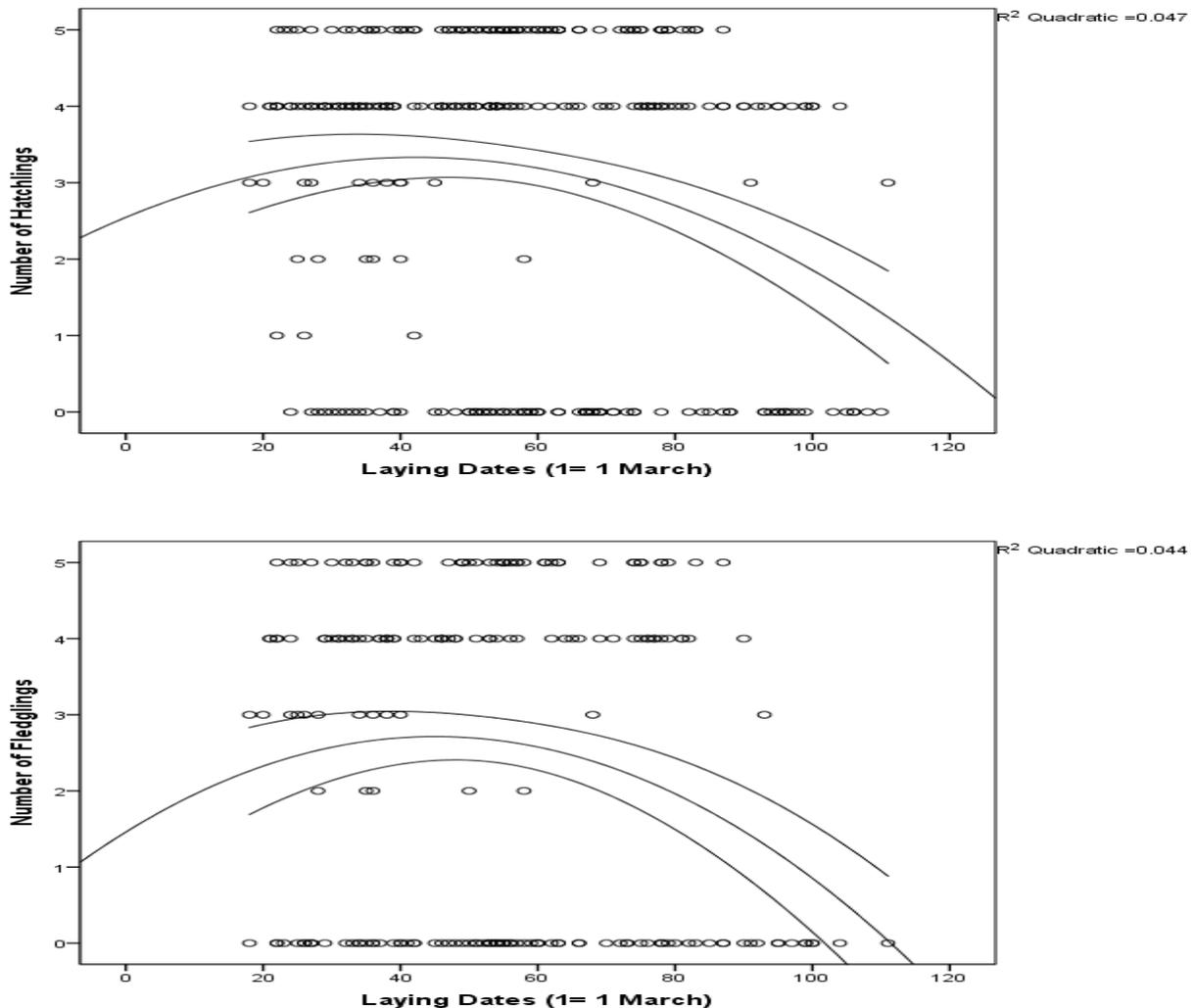


**Figure 22 : Les poussins du Serin cini (Photo prise par BENSOUILAH Taqiyeddine le 13 mai 2013).**

#### **2.1.6. Succès à l'envol**

Chez le Verdier d'Europe, le nombre moyen des jeunes à l'envol est  $2,40 \pm 0,15$  ( $n = 207$ ). Il varie significativement au cours de la saison (régression quadratique :  $r^2 = 0,044$ ,  $F_{2,204} = 4,669$ ,  $p < 0,001$ ), il augmente jusqu'à un pic puis il diminue jusqu'à la fin de la saison de reproduction

(Figure 23b). Ce nombre ne montre aucune variation entre les habitats (Anova,  $F_{2,204} = 0,687$ ,  $p = 0,504$ ), les sites de l'étude ( $t = 0,075$ ,  $p = 0,784$ ) et entre la première et la deuxième ponte ( $t = 0,458$ ,  $p = 0,499$ ), mais le succès moyen enregistré en 2013 ( $2,65 \pm 0,18$ ) est significativement supérieur à celui de 2014 ( $1,93 \pm 0,26$ ) ( $t = 5,374$ ,  $p < 0,021$ ). Le nombre des jeunes à l'envol varie significativement en fonction de la grandeur de ponte (régression quadratique :  $r^2 = 0,077$ ,  $F_{2,204} = 8,491$ ,  $p < 0,0005$ ).

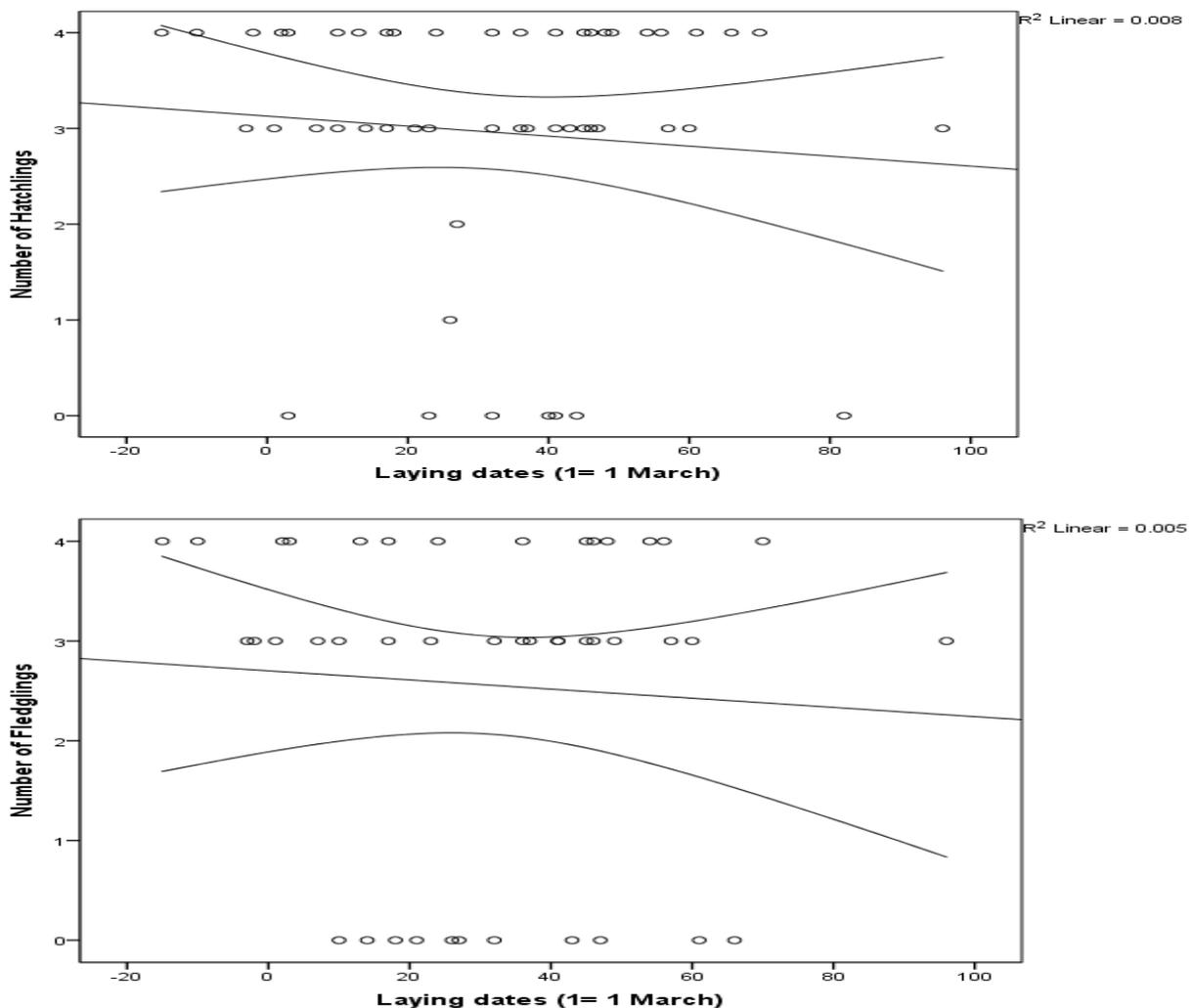


**Figure 23 : Variation des nombres d'œufs éclos (a) et des jeunes envolés (b) chez le Verdier d'Europe.**

Le succès à l'envol est en moyenne de  $55,97 \pm 3,40\%$ , il varie significativement au cours de la saison (régression quadratique :  $r^2 = 0,052$ ,  $F_{2,204} = 5,588$ ,  $p < 0,004$ ). Le succès à l'envol ne

montre aucune variation entre les habitats (Anova,  $F_{2,204} = 0,536$ ,  $p = 0,586$ ), les sites de l'étude ( $t = 0,046$ ,  $p = 0,830$ ) et entre la première et la deuxième ponte ( $t = 1,254$ ,  $p < 0,264$ ), mais le succès moyen enregistré en 2013 ( $63,38 \pm 4,11\%$ ) est significativement supérieur à celui de 2014 ( $42,64 \pm 5,72\%$ ) ( $t = 8,841$ ,  $p < 0,003$ ).

Chez le Serin cini, le nombre moyen des jeunes à l'envol est  $2,56 \pm 0,24$  ( $n = 43$ ). Il ne varie pas au cours de la saison (régression linéaire :  $r^2 = 0,005$ ,  $F_{1,41} = 0,200$ ,  $p = 0,657$ ) (Figure 24b). Ce nombre ne montre aucune variation entre les années ( $t = 1,195$ ,  $p = 0,281$ ), les habitats (Anova,  $F_{2,40} = 1,277$ ,  $p = 0,290$ ) et en fonction de la grandeur de ponte (Anova,  $F_{2,40} = 2,372$ ,  $p = 0,106$ ).



**Figure 24 : Variation des nombres d'œufs éclos (a) et des jeunes envolés (b) chez le Serin cini.**

Le succès à l'envol est en moyenne de  $72,67 \pm 6,64\%$ . Il varie significativement au cours de la saison (régression linéaire :  $r^2 = 0,002$ ,  $F_{1,41} = 0,076$ ,  $p = 0,784$ ). Le succès à l'envol ne montre aucune variation entre les années ( $t = 2,161$ ,  $p = 0,149$ ) et les habitats (Anova,  $F_{2,40} = 1,416$ ,  $p = 0,255$ ).

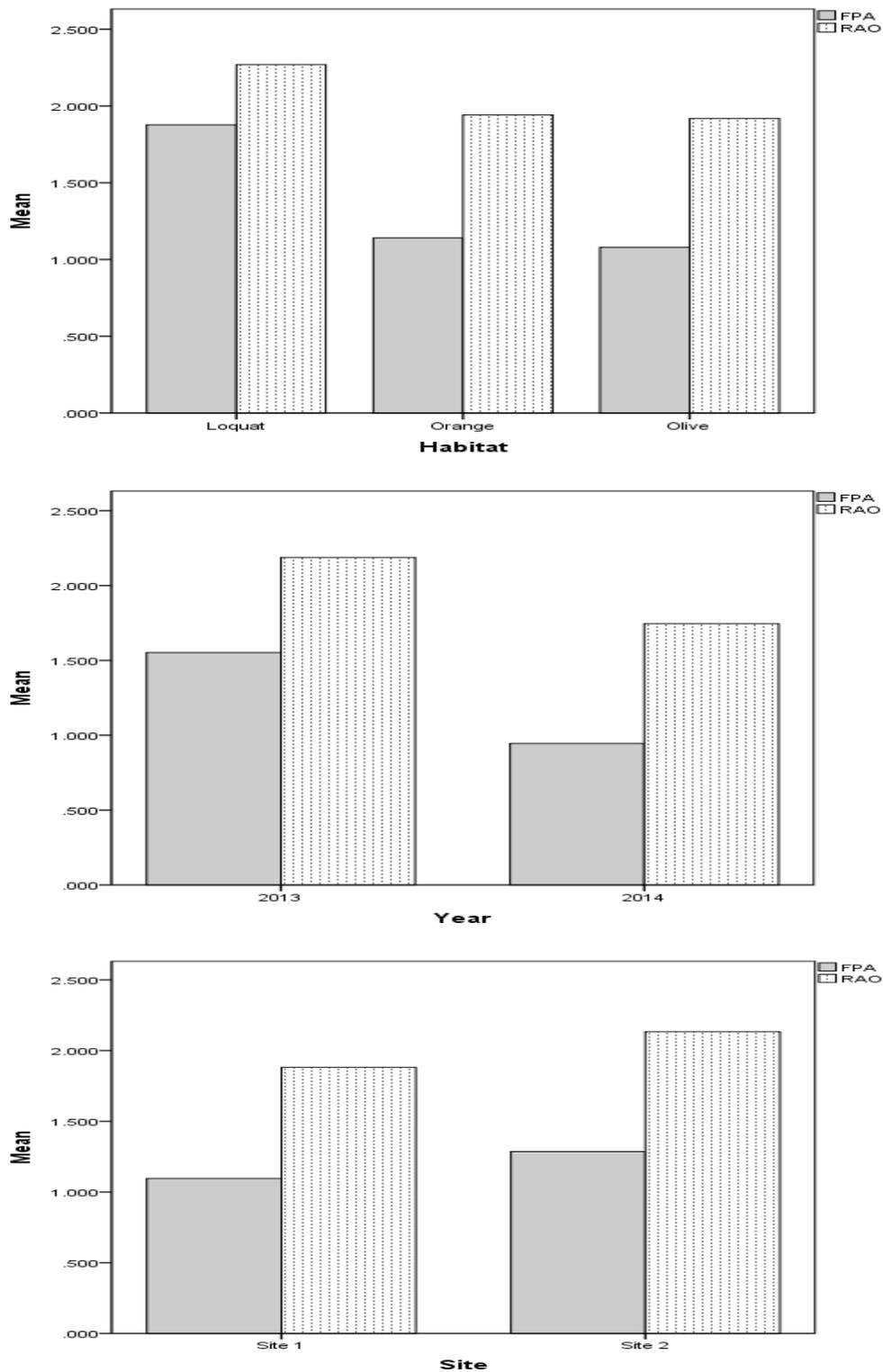
### 2.1.7. Succès de la reproduction

Chez le Verdier d'Europe, le succès de la reproduction est en moyenne de  $38,19 \pm 2,75\%$ . Il diminue significativement au cours de la saison (régression quadratique :  $r^2 = 0,065$ ,  $F_{2,287} = 9,912$ ,  $p < 0,0005$ ). Le succès de la reproduction ne montre aucune variation entre les habitats (Anova,  $F_{2,287} = 0,036$ ,  $p = 0,965$ ), les sites de l'étude ( $t = 0,223$ ,  $p = 0,637$ ) et les années de suivi ( $t = 1,943$ ,  $p = 0,164$ ), mais le succès moyen enregistré durant la première ponte ( $43,51 \pm 3,56\%$ ) est significativement supérieur à celui de la deuxième ponte ( $29,86 \pm 4,24\%$ ) ( $t = 5,934$ ,  $p < 0,015$ ).

Chez le Serin cini, le succès de la reproduction est en moyenne de  $58,00 \pm 6,36\%$ . Il ne montre aucune variation au cours de la saison (régression linéaire :  $r^2 = 0,005$ ,  $F_{1,48} = 0,265$ ,  $p = 0,609$ ), entre les habitats (Anova,  $F_{2,47} = 1,144$ ,  $p = 0,327$ ) et les années de suivi ( $t = 2,761$ ,  $p = 0,103$ ). Le succès à l'éclosion ( $t = -1,580$ ,  $p = 0,115$ ) ne varie pas significativement entre les deux espèces mais le succès à l'envol ( $t = -2,071$ ,  $p = 0,039$ ) et le succès à la reproduction ( $t = -2,773$ ,  $p < 0,006$ ) chez le Serin cini sont significativement plus grand que chez le Verdier d'Europe.

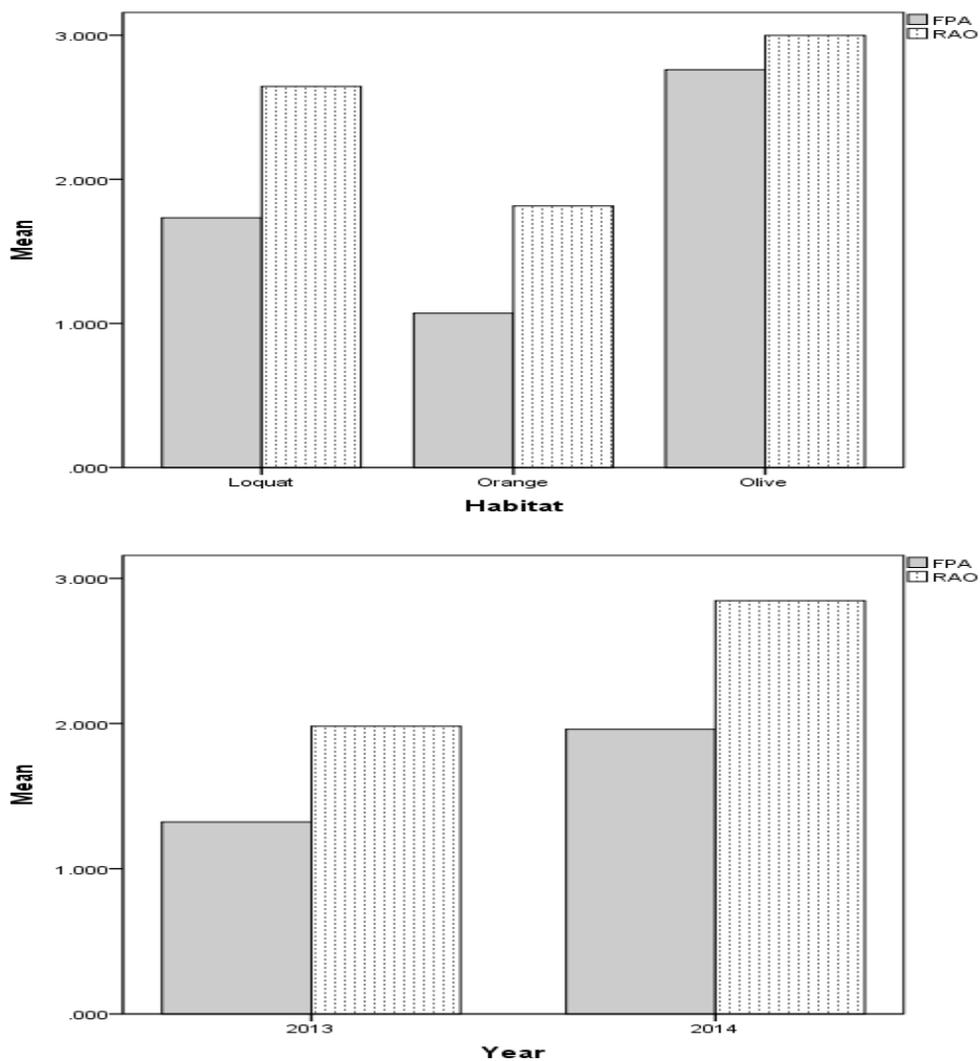
### 2.1.8. Productivité des nids

Chez le Verdier d'Europe, le nombre moyen des œufs éclos produits par nid est RAO =  $2,02 \pm 0,02$  ( $n = 323$ ) et celui des juvéniles est FPA =  $1,33 \pm 0,03$  ( $n = 323$ ). La productivité des nids varie significativement en fonction de l'année (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,051$ ,  $F_{2,213} = 289,4$ ,  $p < 0,0005$ ), l'habitat (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,035$ ,  $F_{4,626} = 683,7$ ,  $p < 0,0005$ ) et leur interaction (Année x Habitat) (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,034$ ,  $F_{4,626} = 698,3$ ,  $p < 0,0005$ ). La productivité enregistrée durant la première saison (RAO =  $2,18 \pm 0,02$ , FPA =  $1,55 \pm 0,03$ ,  $n = 208$ ) est plus élevée par rapport à la deuxième saison (RAO =  $1,74 \pm 0,03$ , FPA =  $0,94 \pm 0,01$ ,  $n = 115$ ). La productivité varie significativement entre les sites ( $t = 52,194$ ,  $p < 0,0005$ ;  $t = 48,697$ ,  $p < 0,0005$ ; RAO et FPA respectivement) (Figure 25).



**Figure 25 : Variation de la productivité des nids en fonction de l'habitat (a), l'année (b) et le site (c) chez le Verdier d'Europe (FPA : le nombre moyen des juvéniles produits par nids ; RAO : le nombre moyen des œufs éclos produits par nids).**

Chez le Serin cini, le nombre moyen des œufs éclos produits par nid est  $RAO = 2,45 \pm 0,07$  ( $n = 58$ ) et celui des juvéniles est  $FPA = 1,67 \pm 0,07$  ( $n = 58$ ). La productivité des nids varie significativement en fonction de l'année (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,423$ ,  $F_{2,55} = 37,45$ ,  $p < 0,0005$ ), l'habitat (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,024$ ,  $F_{4,108} = 147,7$ ,  $p < 0,0005$ ) et leur interaction (Année x Habitat) (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,408$ ,  $F_{2,52} = 37,75$ ,  $p < 0,0005$ ). La productivité enregistrée durant la deuxième saison ( $RAO = 2,84 \pm 0,03$ ,  $FPA = 1,96 \pm 0,03$ ,  $n = 32$ ) est plus élevée par rapport à la première saison ( $RAO = 1,98 \pm 0,02$ ,  $FPA = 1,32 \pm 0,05$ ,  $n = 26$ ) (Figure 26).



**Figure 26 : Variation de la productivité des nids en fonction de l'habitat (a) et l'année (b) chez le Serin cini (FPA : le nombre moyen des juvéniles produits par nids ; RAO : le nombre moyen des œufs éclos produits par nids).**

La productivité (RAO et FPA) chez le Serin cini est significativement plus élevée que chez le Verdier d'Europe (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0.866$ ,  $F_{2,375} = 29.0$ ,  $p < 0.0005$ ).

**Tableau 12 : Variation des paramètres de biologie de la reproduction en fonction de l'habitat, l'année et le site chez le Verdier d'Europe.**

	2013	2014	Loquat	Orange	Olive	Site 1	Site 2	Total
Cs	4,33	4,41	4,43	4,33	4,30	4,30	4,44	4,36
Inc	11,96	12,00	11,35	12,39	11,90	12,52	12,00	11,98
Nes	17,18	17,49	17,11	17,60	16,88	17,71	17,00	17,30
NHat	2,79	3,49	2,98	3,14	2,79	3,01	3,56	3,02
NFle	2,65	1,93	2,64	2,23	2,48	2,27	2,14	2,40
Hat,S	64,38	76,59	66,16	71,56	64,12	69,17	79,06	68,34
Fle,S	63,38	42,64	60,09	52,57	58,93	53,21	50,86	55,97
Bre,S	40,85	32,65	39,24	37,99	37,22	36,93	41,32	38,19
FPA	1,55	0,94	1,87	1,14	1,07	1,09	1,28	1,33
RAO	2,18	1,74	2,26	1,94	1,91	1,88	2,13	2,02
Den	8,02	4,53	13,41	4,67	3,03	5,59	1,72	6,77

Cs; Grandeur de ponte, Inc; durée d'incubation, Nes; durée d'élevage, NHat; nombre d'œufs éclos, NFle; nombre des jeunes envolés, Hat.S ; succès à l'éclosion, Fle.S ; succès à l'envol, Bre.S ; succès de la reproduction, FPA ; le nombre moyen des juvéniles produits par nids, RAO ; le nombre moyen des œufs éclos produits par nids, Den ; la densité.

### 2.1.9. Taux de survie des nids

Chez le Verdier d'Europe, le taux de survie journalière des nids est : phase œuf  $0,972 \pm 0,006$ , phase d'incubation  $0,974 \pm 0,008$ , phase poussin  $0,966 \pm 0,015$ , la différence entre les trois stades de nidification est significative (Friedman test,  $\chi^2 = 59,531$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ).

Le taux de survie varie significativement en fonction de l'année (Mann-Whitney U-test,  $Z = -2,373$ ,  $p = 0,018$ ;  $Z = -13,947$ ,  $p < 0,0005$ ;  $Z = -13,911$ ,  $p < 0,0005$ ; phase œuf, phase d'incubation et phase poussin respectivement), l'habitat (Kruskal-Wallis test,  $H = 76,269$ ,  $H = 63,146$ ,  $H = 39,182$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ; phase œuf, phase d'incubation, phase poussin respectivement) et le site d'étude (Mann-Whitney U-test,  $Z = -10,085$ ,  $Z = -10,085$ ,  $Z = -5,804$ ,  $p < 0,0005$ ; phase œuf, phase d'incubation, phase poussin respectivement) (Figure 27).

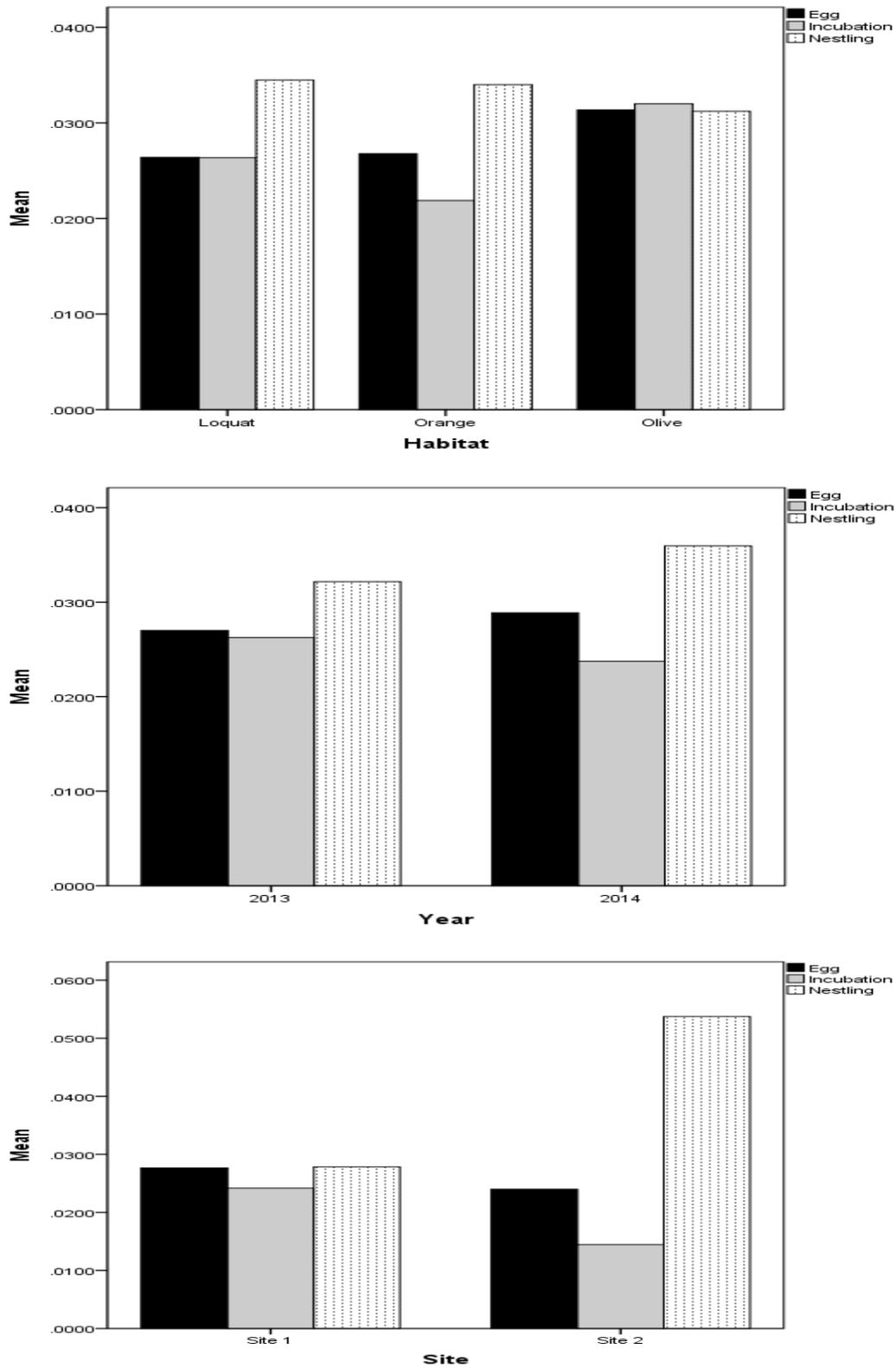
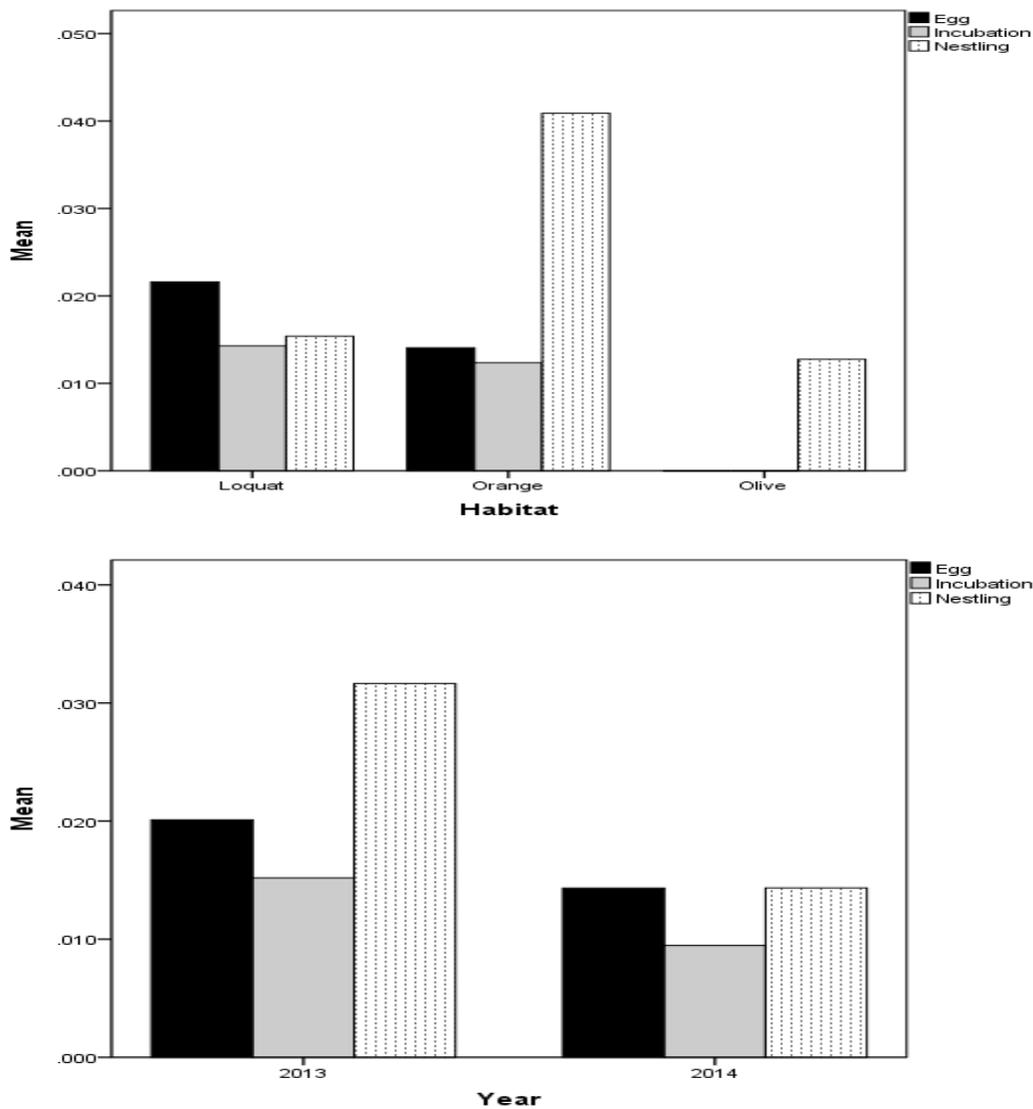


Figure 27 : Variation des taux d'échec journalières des nichées en fonction de l'habitat (a), l'année (b) et le site (c) chez le Verdier d'Europe.

Chez le Serin cini, le taux de survie journalière des nids est : phase œuf  $0,983 \pm 0,001$ , phase d'incubation  $0,987 \pm 0,001$ , phase poussin  $0,977 \pm 0,022$ , la différence entre les trois stades de nidification est significative (Friedman test,  $\chi^2 = 23,378$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ). Le taux de survie ne varie pas en fonction de la saison (Mann-Whitney U-test,  $Z = -0,692$ ,  $p = 0,489$  ;  $Z = -0,692$ ,  $p = 0,489$  ;  $Z = -2,946$ ,  $p < 0,003$  ; phase œuf, phase d'incubation, phase poussin respectivement) mais la différence entre les trois habitats est significative (Kruskal-Wallis test,  $H = 14,786$ ,  $H = 14,786$ ,  $H = 28,443$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$  ; phase œuf, phase d'incubation, phase poussin respectivement) (Figure 28).



**Figure 28 : Variation des taux d'échecs journaliers des nichées en fonction de l'habitat (a) et l'année (b) chez le Serin cini.**

La survie journalière des nids chez le Serin cini est significativement plus élevée que chez le Verdier d'Europe (Mann-Whitney U-test,  $Z = -9,699$ ;  $Z = -8,924$ ;  $Z = -4,694$ ,  $p < 0,0005$ ; phase œuf, phase d'incubation et phase poussin respectivement).

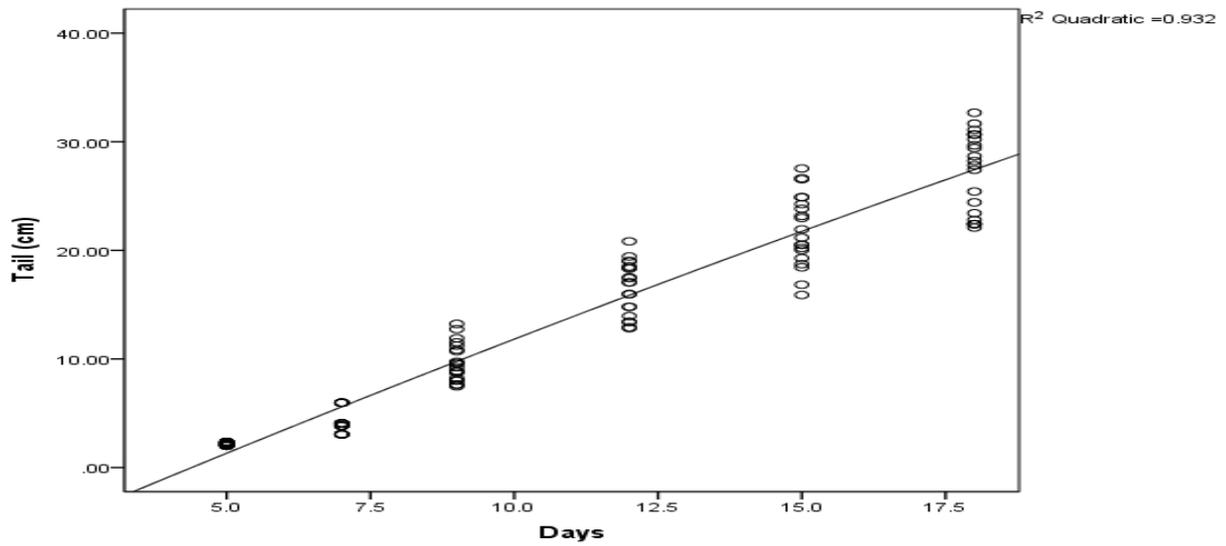
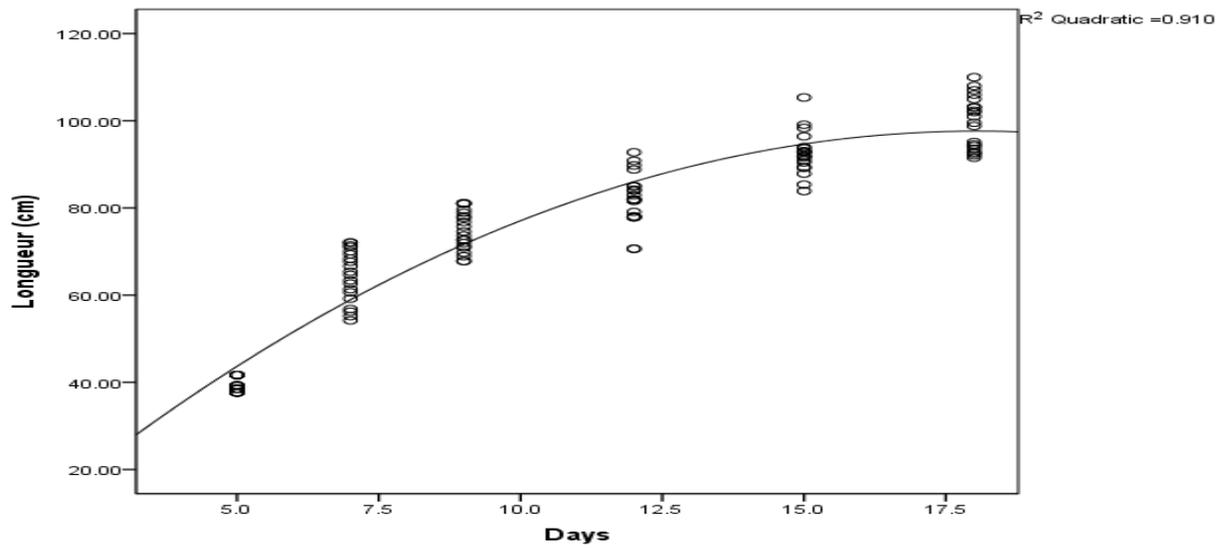
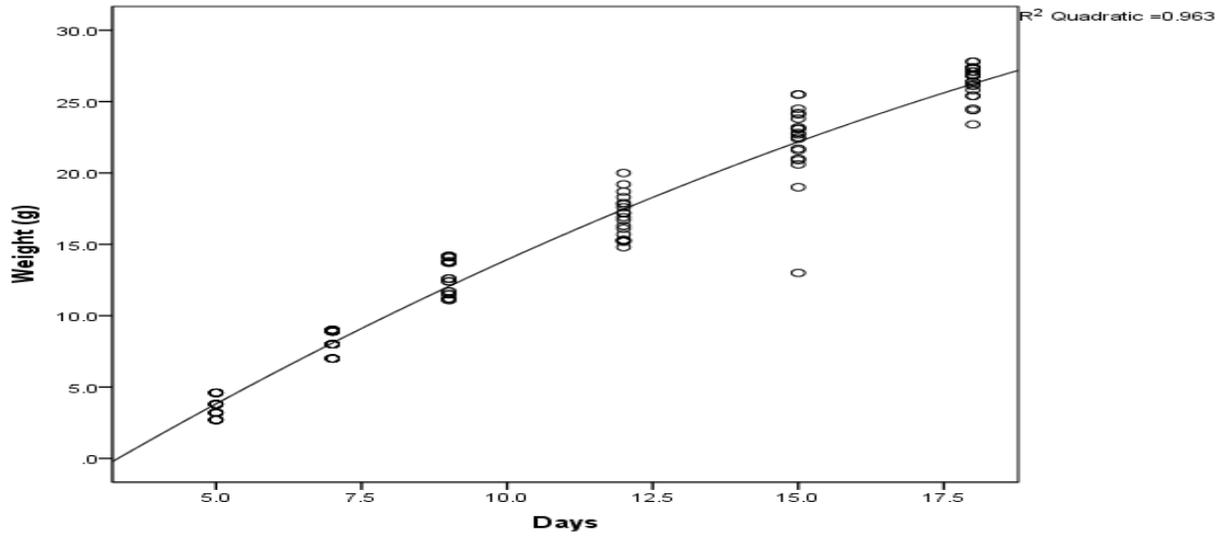
**Tableau 13 : Variation des paramètres de biologie de la reproduction en fonction de l'habitat et l'année chez le Serin cini.**

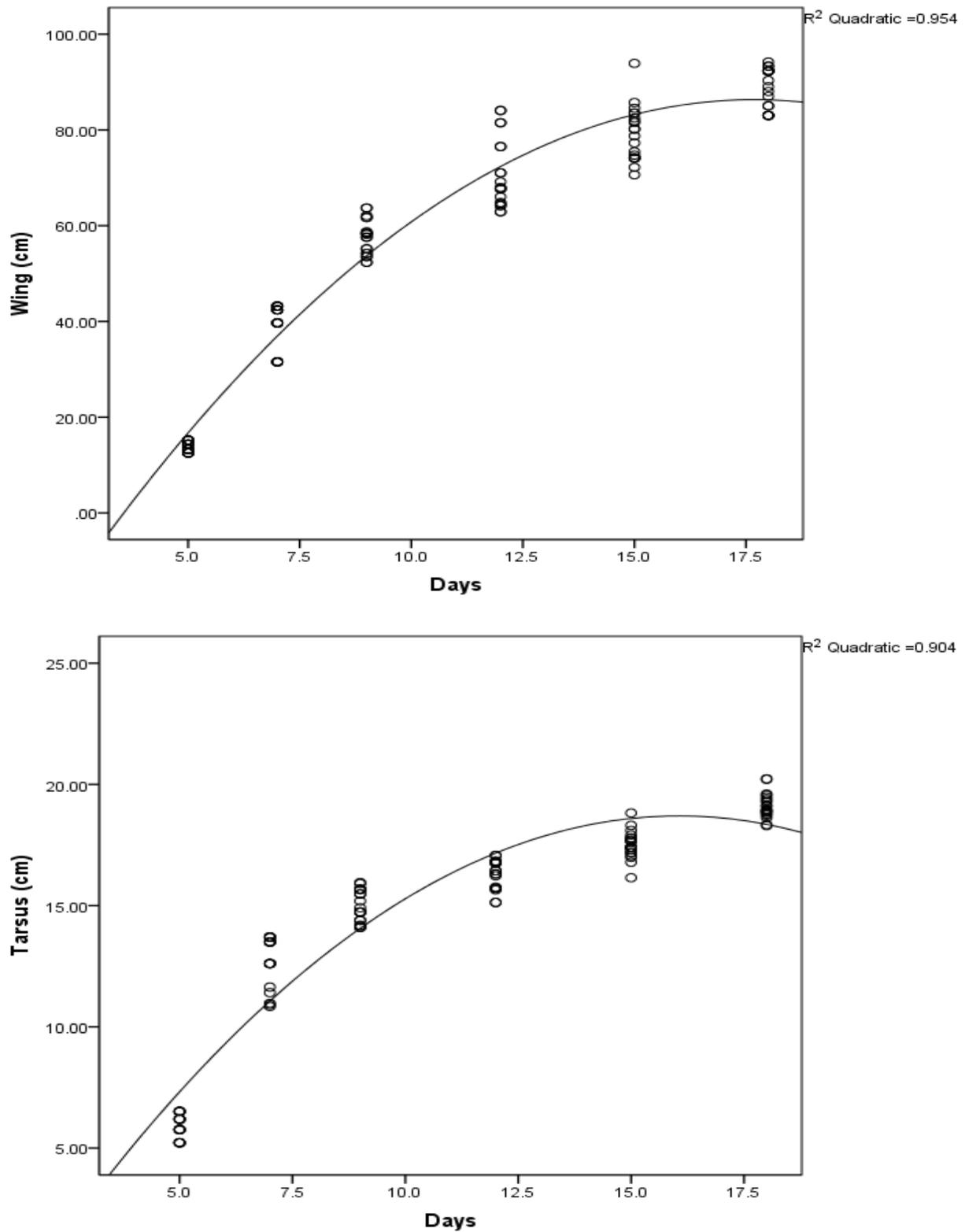
	2013	2014	Loquat	Orange	Olive	Total
Cs	3,78	3,67	3,77	3,62	3,71	3,72
Inc	13,32	13,29	13,20	13,45	13,43	13,30
Nes	16,08	15,85	16,00	15,83	15,83	15,94
NHat	2,83	3,07	2,97	2,85	3,14	2,96
NFle	2,26	2,79	2,76	1,91	2,86	2,56
Hat.S	73,91	83,02	77,50	78,84	84,52	78,83
Fle.S	61,84	81,25	77,00	54,55	85,71	72,67
Bre.S	46,74	67,59	60,00	44,23	75,00	58,00
FPA	1,32	1,96	1,73	1,07	2,76	1,67
RAO	1,98	2,84	2,64	1,81	2,99	2,45
Den	2,40	4,16	5,00	1,00	0,68	3,37

Cs : Grandeur de ponte ; Inc : durée d'incubation ; Nes : durée d'élevage ; NHat : nombre d'œufs éclos ; NFle : nombre des jeunes envolés ; Hat.S : succès à l'éclosion ; Fle.S : succès à l'envol ; Bre.S : succès de la reproduction ; FPA : le nombre moyen des juvéniles produits par nids ; RAO : le nombre moyen des œufs éclos produits par nids ; Den : la densité.

#### 2.1.10. Courbe de croissance des oisillons

La courbe de croissance journalière moyenne des poussins du Verdier d'Europe montre un taux de croissance positif jusqu'au jour 15 (Figure 29, 30 et 31).





**Figure 29 : Courbes de croissance des juvéniles (poids, longueur, queue, aile et tarse respectivement) chez le Verdier d'Europe.**



**Figure 30 : Juvénile du Verdier d'Europe (Photo prise par BENSOUILAH Taqiyeddine le 03 juin 2013).**



**Figure 31 : Juvénile du Serin cini (Photo prise par BENSOUILAH Taqiyeddine le 12 avril 2013).**

#### **2.1.11. Facteurs d'échecs**

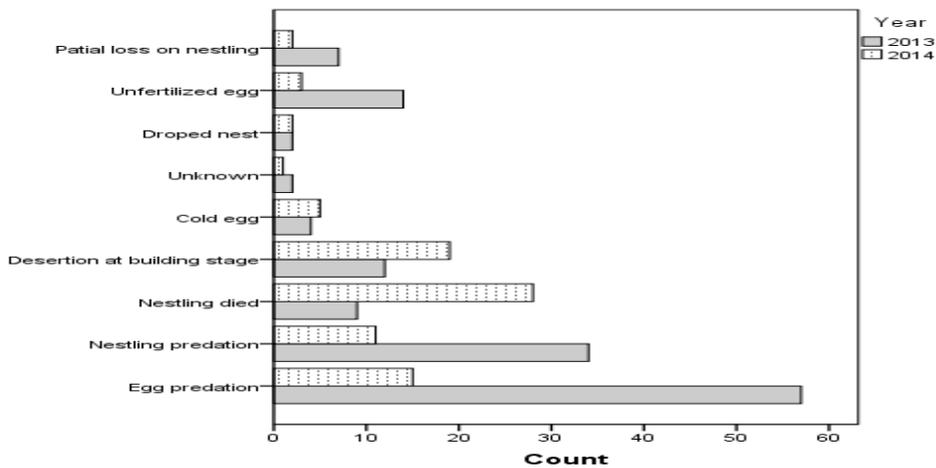
Chez le Verdier d'Europe, en moyenne, 63,2% des nids trouvés ( $n = 204$ ) durant les différents stades de développement ont échoué (Figure 32). Les échecs de la reproduction sont en majorité attribuables à la prédation (51,5%,  $n = 117$ ) des œufs et des oisillons (31,7%,  $n = 72$  ;

19,8%,  $n = 45$  ; respectivement), la mort des poussins à cause des conditions météorologiques défavorables (16,3%,  $n = 37$ ) et l'abandon des nids à la phase de construction (13,7%,  $n = 31$ ).



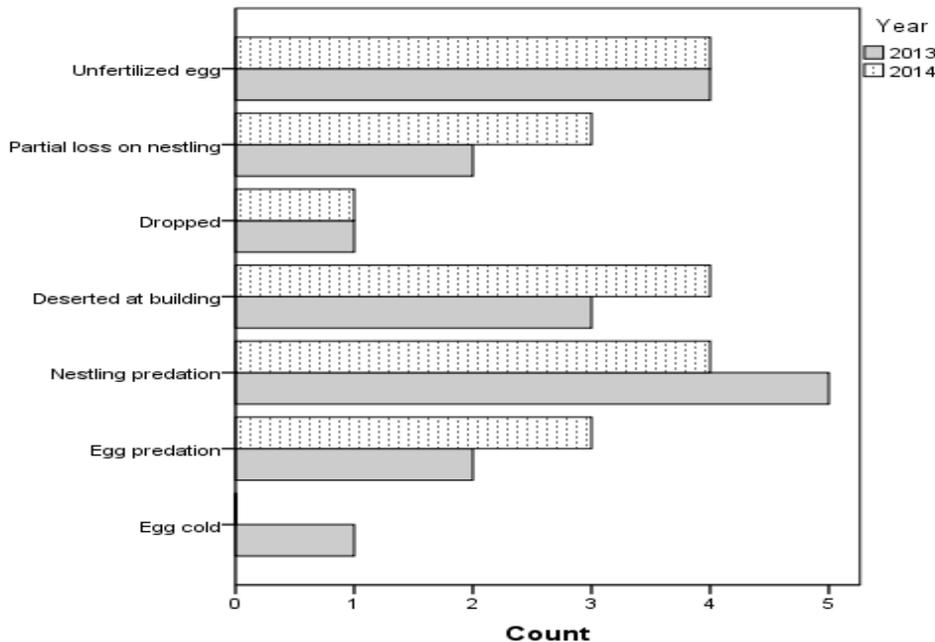
**Figure 32 : Prédation d'un nid d'un Verdier d'Europe (Photo prise par BENSOUILAH Taqiyeddine le 27 avril 2013).**

Les autres facteurs d'échec sont résumés dans la Figure 33. Il n'existe pas une grande variation entre ces facteurs dans les différents habitats (Kruskal-Wallis test,  $\chi^2 = 0,968$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,616$ ), mais ils varient significativement entre les deux années (Mann-Whitney U-test,  $Z = -3,089$ ,  $p < 0,002$ ). Pour quelques échecs enregistrés nous avons émis des causes probables lors de la visite des nids.



**Figure 33 : Facteurs d'échecs chez le Verdier d'Europe.**

Chez le Serin cini, en moyenne, 63,8% des nids trouvés ( $n = 37$ ) durant les différents stades de développement ont échoué. Les échecs de la reproduction sont en majorité attribuables à la prédation (37,8%,  $n = 14$ ) des œufs et des oisillons (13,5%,  $n = 5$  ; 24,3%,  $n = 9$  ; respectivement), la non fécondation des œufs (21,6%,  $n = 8$ ) et l'abandon des nids à la phase de construction (18,9%,  $n = 7$ ). Les autres facteurs d'échecs sont résumés dans la Figure 34.



**Figure 34 : Facteurs d'échecs chez le Serin cini.**

## 2.2. Ecologie de la reproduction

### 2.2.1. Densité des couples nicheurs

Chez le Verdier d'Europe, la densité moyenne est  $6,77 \pm 0,25$  couples/hectare. Elle est plus élevée en 2013 ( $8,02 \pm 0,33$ ) par rapport en 2014 ( $4,53 \pm 0,34$ ) (Mann-Whitney U-test,  $Z = -8,406$ ,  $p < 0,0005$ ), elle varie significativement entre les habitats (Kruskal-Wallis test,  $H = 203,7$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ) et les sites (Mann-Whitney U-test,  $Z = -10,085$ ,  $p < 0,0005$ ) (Figure 35). Chez le Serin cini, la densité moyenne est  $3,37 \pm 0,29$  couples/hectare, elle est plus élevée en 2014 ( $4,16 \pm 0,45$ ) par rapport en 2013 ( $2,40 \pm 0,24$ ) (Mann-Whitney U-test,  $Z = -2,597$ ,  $p < 0,009$ ). Elle varie significativement entre les habitats (Kruskal-Wallis test,  $H = 4,064$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ) (Figure 36). La densité chez le Verdier d'Europe est significativement plus élevée que chez le Serin cini (Mann-Whitney U-test,  $Z = -6,250$ ,  $p < 0,0005$ ) (Figure 37).

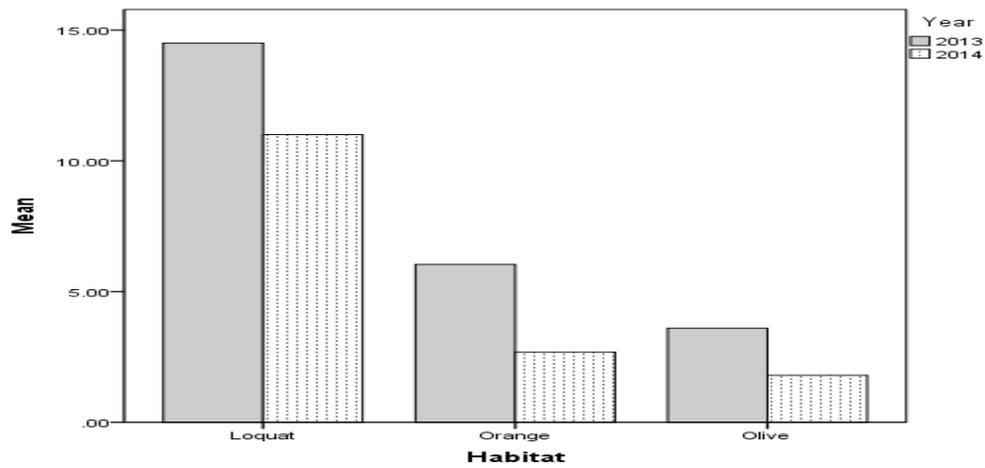


Figure 35 : Densité des couples nicheurs chez Verdier d'Europe.

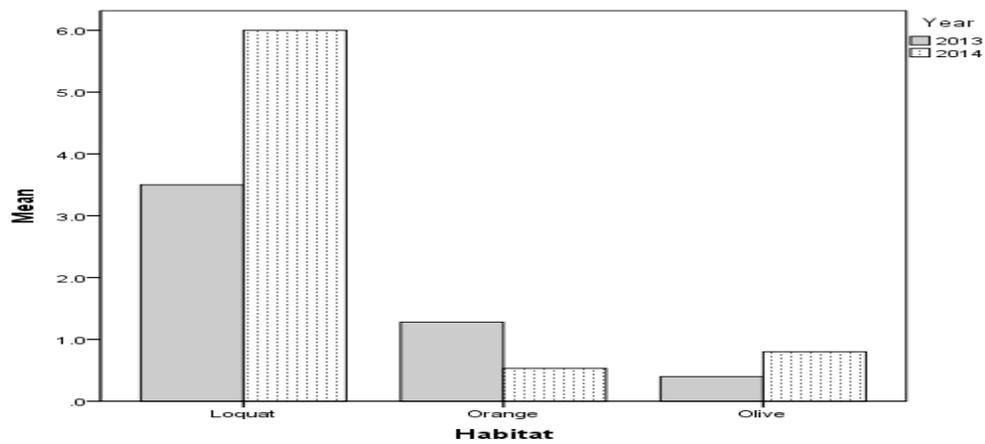


Figure 36 : Densité des couples nicheurs chez le Serin cini.

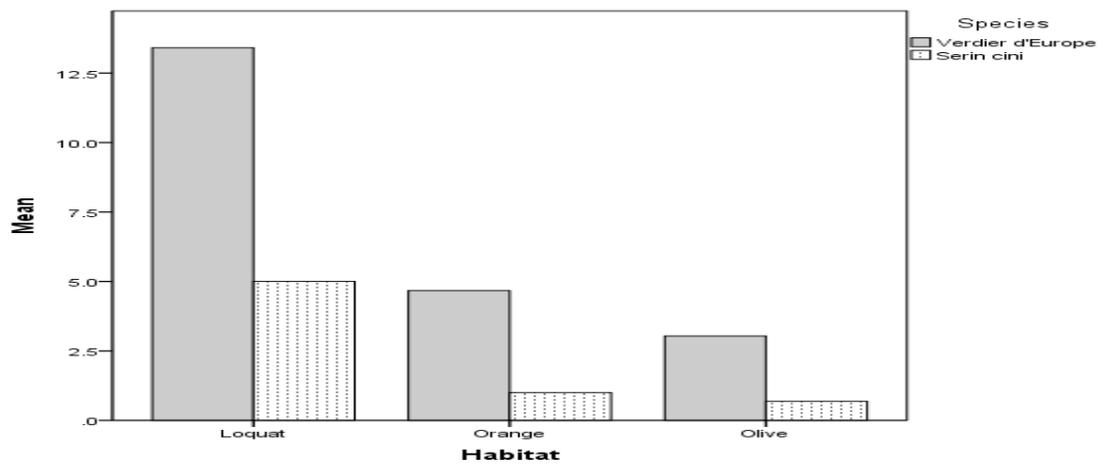


Figure 37 : Variation de la densité des couples nicheurs entre les deux espèces en fonction des habitats.

## 2.2.2. Paramètres des nids

### a) Micro habitat

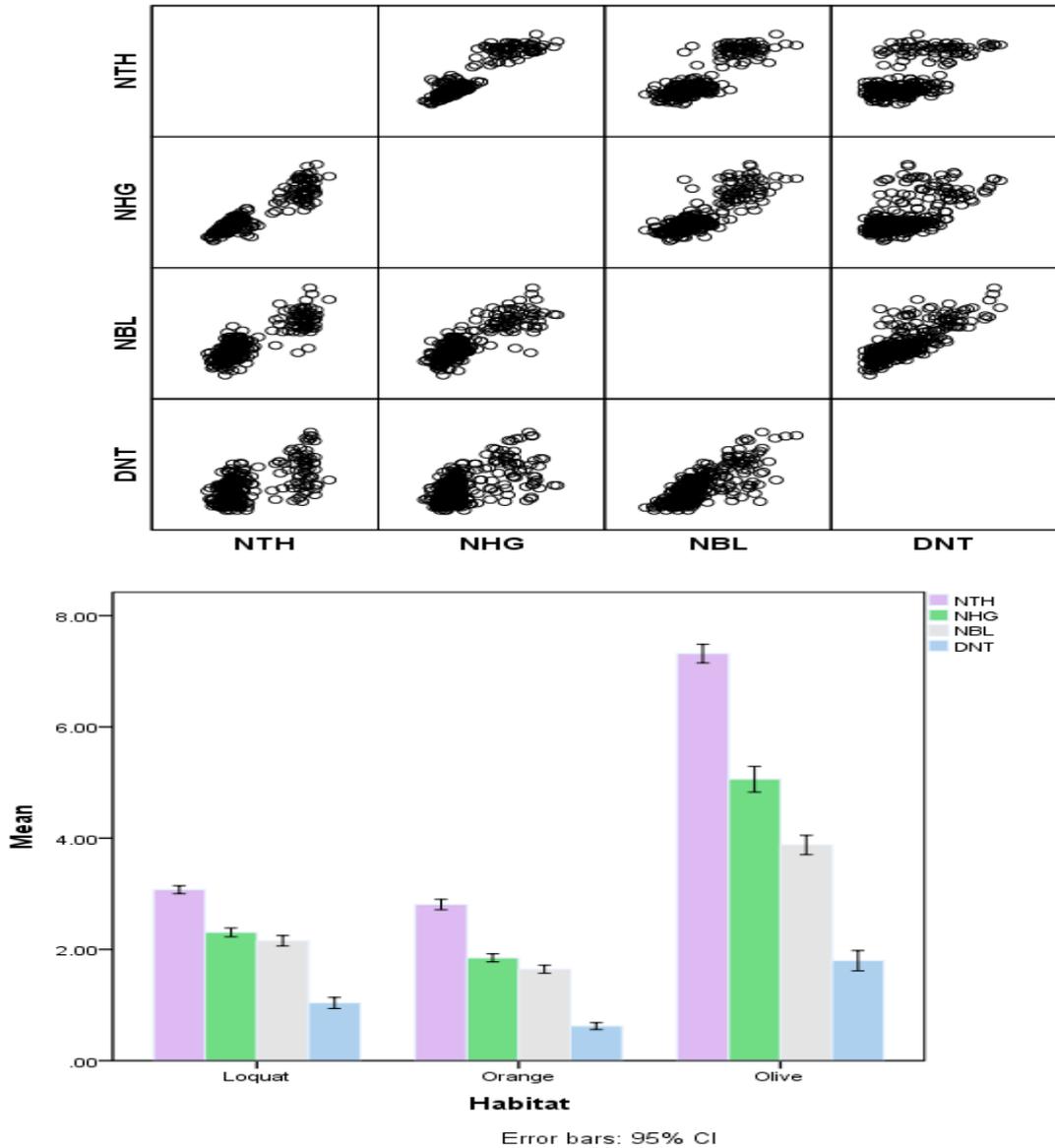
Chez le Verdier d'Europe, la hauteur moyenne des arbres est de  $3,87 \pm 0,10$  m. Elle varie significativement en fonction de l'année ( $t = 7,165$ ,  $p = 0,008$ ), l'habitat (Anova,  $F_{2,317} = 157,1$ ,  $p < 0,0005$ ), et le site d'étude ( $t = 46,37$ ,  $p < 0,0005$ ). Lorsque les variations annuelles et spatiales sont contrôlées, la hauteur des arbres ne varie pas en fonction des dates de ponte (ANCOVA:  $r^2 = 0,345$ ,  $F_{85,203} = 1,181$ ,  $p = 0,173$  ;  $r^2 = 0,674$ ,  $F_{85,203} = 1,024$ ,  $p = 0,438$  ;  $r^2 = 0,287$ ,  $F_{67,72} = 1,281$ ,  $p = 0,151$  ; élimination des effets de l'année, l'habitat et du site respectivement).

La hauteur moyenne des nids est de  $2,67 \pm 0,07$  m. Elle varie significativement en fonction de l'habitat (Anova,  $F_{2,317} = 742,8$ ,  $p < 0,0005$ ), et le site d'étude ( $t = 61,47$ ,  $p < 0,0005$ ), mais pas en fonction de l'année ( $t = 2,141$ ,  $p = 0,144$ ). Lorsque les variations spatiales sont contrôlées, cette hauteur ne varie pas en fonction des dates de ponte (ANCOVA:  $r^2 = 0,447$ ,  $F_{85,203} = 1,308$ ,  $p = 0,065$  ;  $r^2 = 0,646$ ,  $F_{67,72} = 1,218$ ,  $p = 0,205$ ; élimination des effets de l'habitat et du site respectivement). La hauteur des nids est corrélée positivement avec la hauteur des arbres (régression linéaire :  $r^2 = 0,856$ ,  $F_{1,318} = 216,6$ ,  $p < 0,0005$ ) et la longueur des branches (régression linéaire :  $r^2 = 0,703$ ,  $F_{1,318} = 754,2$ ,  $p < 0,0005$ ).

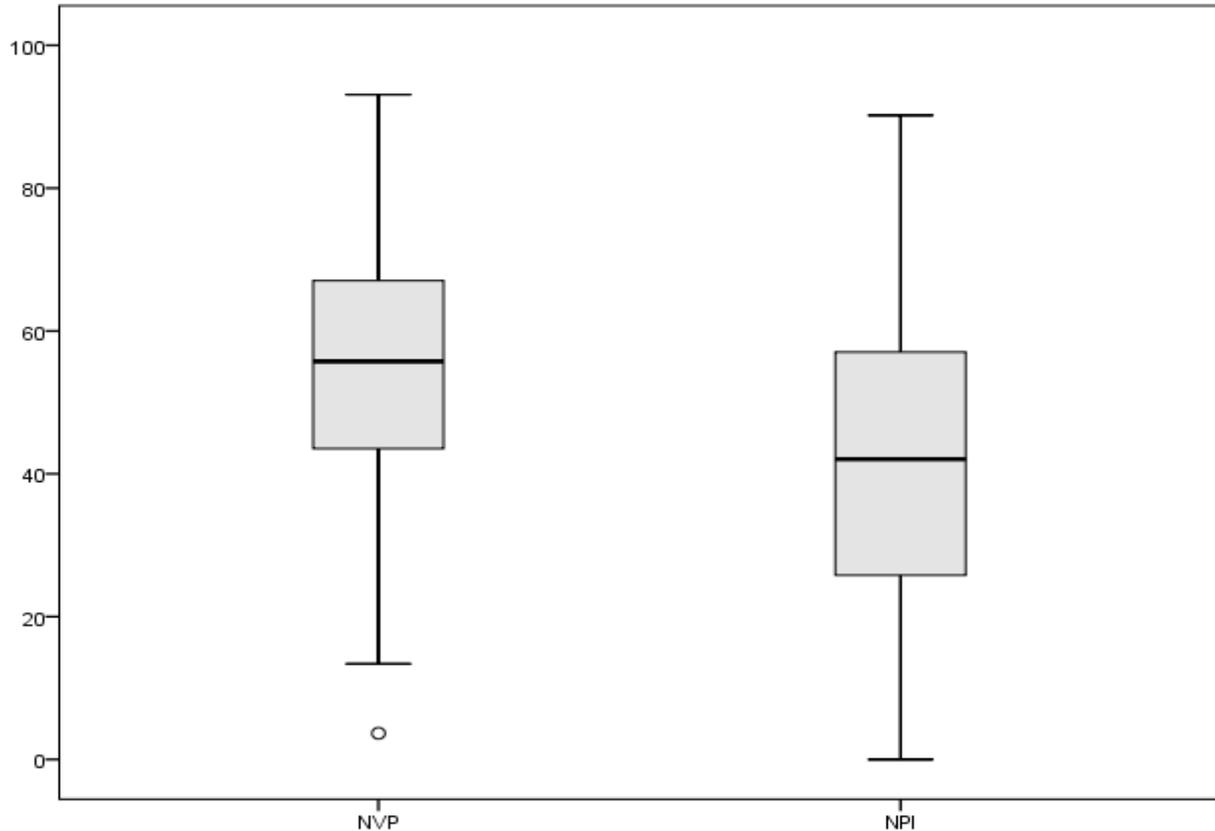
La distance moyenne au tronc est de  $0,99 \pm 0,03$  m. Elle varie significativement en fonction de l'habitat (Anova,  $F_{2,317} = 124,7$ ,  $p < 0,0005$ ), mais pas en fonction de l'année ( $t = 2,245$ ,  $p = 0,06$ ) et le site d'étude ( $t = 3,197$ ,  $p = 0,076$ ). Lorsque la variation spatiale est contrôlée, cette distance ne varie pas en fonction des dates de ponte (ANCOVA:  $r^2 = 0,415$ ,  $F_{85,203} = 1,206$ ,  $p = 0,144$ ). La distance moyenne au tronc est corrélée positivement avec la hauteur des arbres (régression linéaire :  $r^2 = 0,405$ ,  $F_{1,318} = 216,6$ ,  $p < 0,0005$ ) et la longueur des branches (régression linéaire :  $r^2 = 0,588$ ,  $F_{1,318} = 453,6$ ,  $p < 0,0005$ ). Ces quatre variables sont hautement corrélées (Figure 38).

L'emplacement vertical des nids est situé en moitié supérieure de la frondaison (moyen = 55,1%) et la majorité des nids (75%) ont des positions verticales entre 43,5% et 93,1%, alors que le positionnement horizontal est presque à mi-distance entre le tronc et la périphérie des arbres (moyen = 41,8%) et la majorité des nids (50%) ont des positions horizontales entre 25,7% et 57,0% (Figure 39). Le positionnement vertical des nids ne varie pas en fonction de l'habitat

(Anova :  $F_{2,314} = 2,575, p = 0,078$ ), l'année ( $t = 0,946, p = 0,332$ ), le site ( $t = 1,829, p = 0,089$ ) et de l'interaction (Habitat x Année) (Two Way Anova :  $F_{2,314} = 1,598, p = 0,204$ ). L'emplacement horizontal varie en fonction de l'habitat (Two Way Anova :  $F_{2,314} = 8,052, p < 0,0005$ ) mais ne montre aucune différence significative en fonction de l'année ( $t = 0,542, p = 0,462$ ), le site ( $t = 0,073, p = 0,788$ ) et de l'interaction (Habitat x Année) (Two Way Anova :  $F_{2,314} = 0,754, p = 0,471$ ).



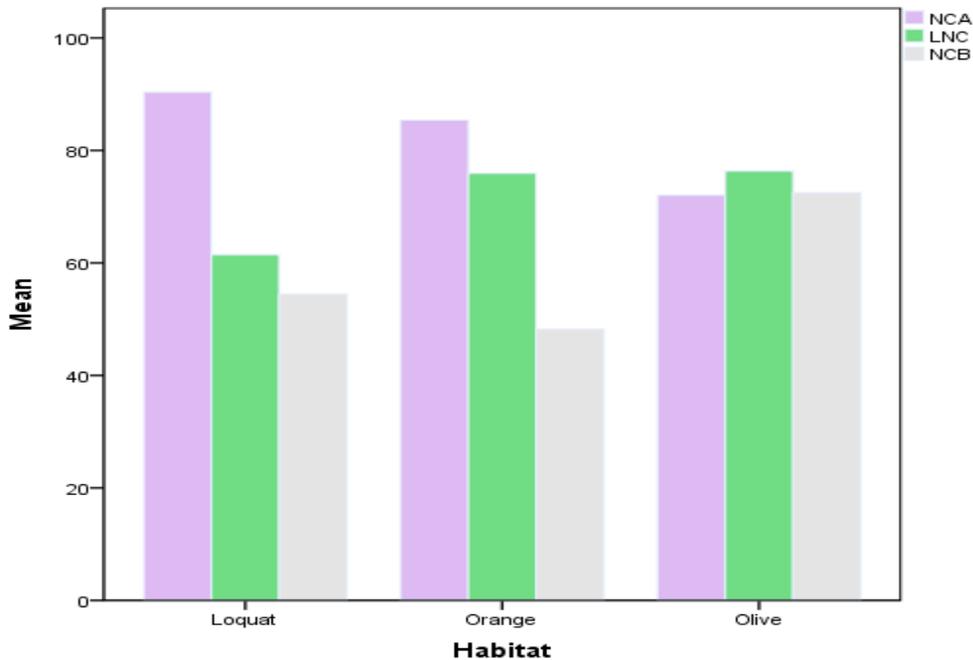
**Figure 38 : Corrélation de certains paramètres de position des nids chez le Verdier d'Europe (NTH : Hauteur de l'arbre; NHG ; Hauteur du nid par rapport au sol ; NBL : Longueur du branche portant le nid ; DNT : Distance nid-tronc).**



**Figure 39 : Positions relatives verticales (NVP) et horizontales (NPI) des nids chez le Verdier d'Europe.**

Le camouflage des nids est une moyenne de : dissimulation du nid au-dessus (*nest concealment above NCA*) =  $84,0 \pm 1,9\%$ , dissimulation latérale du nid (*laterale nest concealment LNC*) =  $72,4 \pm 1,7\%$  et dissimulation du nid au-dessous (*nest concealment below NCB*) =  $54,4 \pm 2,7\%$ . Ces valeurs enregistrées varient d'un habitat à un autre (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,695$ ,  $F_{6,220} = 7,309$ ,  $p < 0,0005$ ), mais ne varient pas entre les sites (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,978$ ,  $F_{3,61} = 0,456$ ,  $p = 0,714$ ) et les dates de pontes (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,068$ ,  $F_{174,105} = 0,880$ ,  $p = 0,772$ ) (Figure 40).

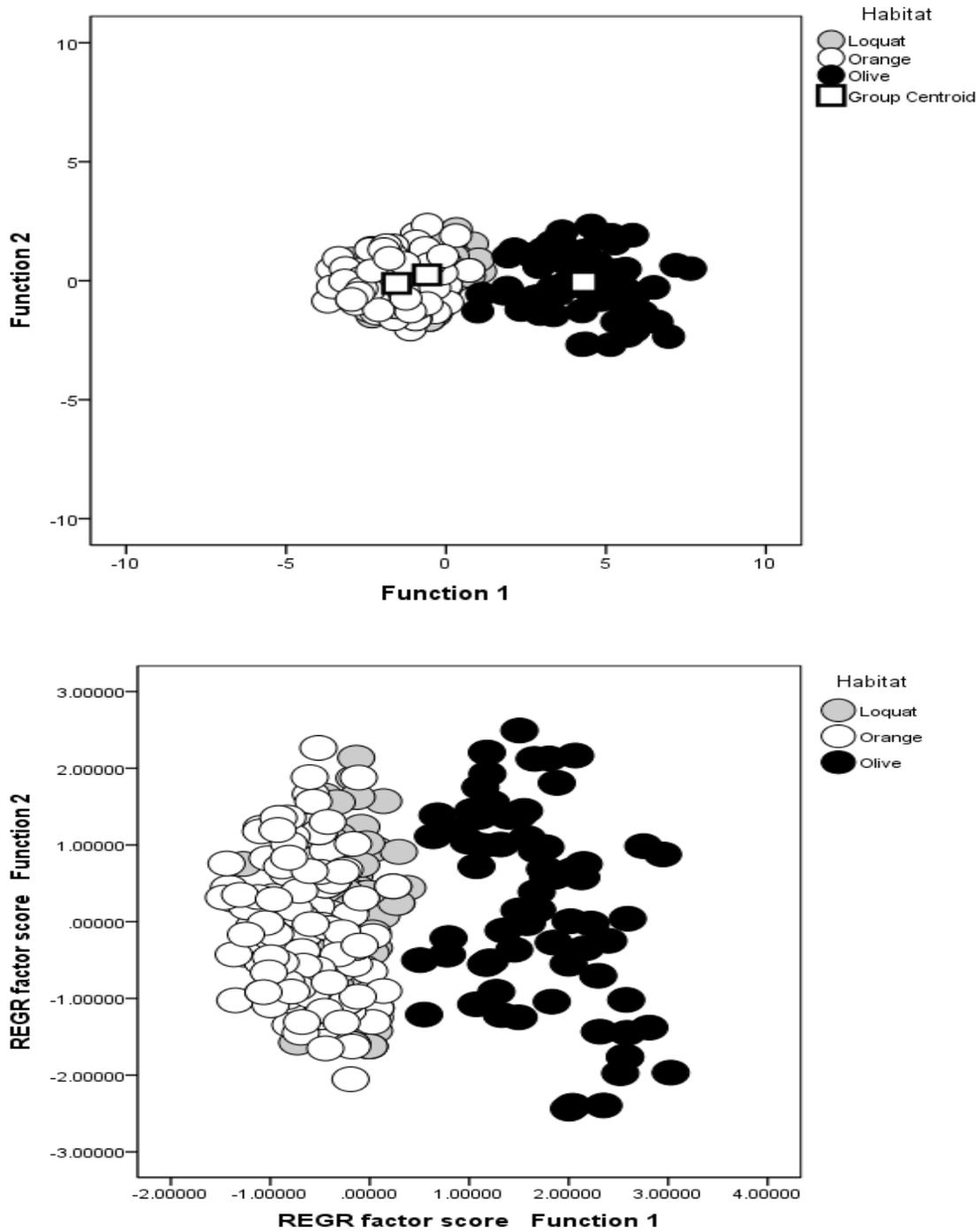
Le NCA est corrélé négativement avec la hauteur des nids et la distance moyenne au tronc et positivement avec la densité du feuillage des arbres ( $r = 0,250$ ,  $n = 115$ ,  $p < 0,005$  ;  $r = -0,185$ ,  $n = 115$ ,  $p < 0,04$  ;  $r = -0,369$ ,  $n = 115$ ,  $p < 0,0005$  ; respectivement) et le NCB est corrélé positivement avec la hauteur des nids et négativement avec la position relative horizontale ( $r = 0,264$ ,  $n = 115$ ,  $p < 0,004$  ;  $r = -0,233$ ,  $n = 115$ ,  $p < 0,01$  ; respectivement).



**Figure 40 : Pourcentage de camouflage des nids en fonction des habitats chez le Verdier d'Europe (NCA : Dissimulation du nid au-dessus ; LNC : Dissimulation latérale du nid; NCB : Dissimulation du nid au-dessous).**

L'analyse en composante principale (PCA) exécuté sur les variables d'emplacement des nids montre la plasticité du Verdier d'Europe en ce qui concerne la sélection d'un site de nidification à l'intérieur des arbres. La PCA résume les variables étudiés en deux axes indépendant exprime 79,2 % de la variation des données originales (Tableau 14). La rotation Varimax montre que les deux axes expliquent la variation de distribution verticale (PC 1 : 56,1 % Eigenvalue = 4,491) et horizontale (PC 2 : 23,1 % Eigenvalue = 1,847) des nids (Tableau 14). Les deux axes expliquent la variation hautement significative de la distribution verticale (Tests of Equality of Group : Wilks'  $\lambda = 0,169$  ;  $F_{2,317} = 779,5$  ;  $p < 0,0005$ ) et horizontale (Tests of Equality of Group : Wilks'  $\lambda = 0,964$  ;  $F_{2,317} = 5,923$  ;  $p < 0,003$ ). L'utilisation de LDA montre que la variation verticale (Canonical discriminant function = 5,389 ; Wilks'  $\lambda = 0,153$  ; Canonical corrélation = 0,918 ;  $\chi^2 = 594,5$  ;  $df = 4$  ,  $p < 0,0005$ ) discrimine mieux que la variation horizontale (Canonical discriminant function = 0,024 ; Wilks'  $\lambda = 0,976$  ; Canonical corrélation = 0,154 ;  $\chi^2 = 7,552$  ;  $df = 1$  ,  $p < 0,006$ ) (Figure 41). La prédiction de classification exécutée par

la discrimination linéaire montre que 76,6 % des données des trois habitats sont correctement classifiés.



**Figure 41 : Variation verticale et horizontale des paramètres d'emplacements des nids en fonction des habitats chez le Verdier d'Europe**

**Tableau 14 : Facteur, variance et Eigenvalues de l'analyse en composantes principales.**

	Component	
	PC 1	PC 2
NHG	0,966	-0,015
DNT	0,655	0,722
DNL	0,864	-0,187
DNE	0,753	-0,505
NBL	0,932	0,163
NTH	0,934	0,097
NVP	0,215	-0,359
NPI	0,116	0,940
Eigenvalues	4,491	1,847
Variance %	56,1	23,1

NHG ; Hauteur du nid par rapport au sol, DNT ; Distance nid-tronc, DNL ; Distance nid-partie interne du feuillage, DNE ; Distance nid-partie externe du feuillage, NBL ; Longueur du branche portant le nid, NTH ; Hauteur de l'arbre, NVP ; Position relative verticale, NPI ; Position relative horizontale.

Le Verdier d'Europe montre une préférence vers les arbres à feuillage dense 51,3% par rapport à ceux à feuillage moyen 35,7% et faible 13% ( $\chi^2 = 25,53$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ). Ces valeurs sont variables en fonction de l'habitat (Kruskal-Wallis test,  $\chi^2 = 27,31$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ). En effet dans le néflier du Japon (feuillage dense 64,3%, moyenne 21,4% et faible 14,3%) et les orangers (feuillage dense 60,0%, moyenne 38,5% et faible 1,5%) la densité du feuillage est plus importante que dans l'olivier (feuillage dense 9,0%, moyenne 45,5% et faible 45,5%).

Concernant la position des branches, l'espèce montre une préférence vers les arbres où la majorité de leurs branches ont des positions verticales 69,6% ( $\chi^2 = 17,6$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ), et installe les nids sur des branches ont des positions verticales 70,4% ( $\chi^2 = 17,6$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ). Ces deux paramètres varient en fonction de l'habitat (Kruskal-Wallis test,  $\chi^2 = 9,530$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,009$  ;  $\chi^2 = 18,625$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$  ; respectivement). En effet dans le néflier du Japon la majorité des arbres choisis pour la nidification ont des branches horizontales 60,7% et

les nids ont été installés sur 53,4% des branches horizontales, par contre dans les orangers et les oliviers la plupart des arbres choisis ont des branches verticales (78,5% et 72,7%, respectivement) et les nids ont été installés sur des branches verticales (76,9% et 90,9%, respectivement).

La majorité des nids ont été orientés entre le Nord et l'Est (54% ;  $n = 173$ ) ; Nord (13,4% ;  $n = 43$ ), Est (18,4% ;  $n = 59$ ) et Nord-Est (22,2% ;  $n = 71$ ). Cette orientation ne montre aucune différence significative entre les années (Mann-Whitney U-test,  $Z = 1,061$ ,  $p = 0,076$ ), les sites (Mann-Whitney U-test,  $Z = 0,488$ ,  $p = 0,624$ ) et les habitats (Kruskal-Wallis test,  $\chi^2 = 0,391$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,608$ ).

Les diamètres des nids chez le Verdier d'Europe sont significativement plus grands que ceux du Serin cini (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,669$ ,  $F_{3,163} = 26,939$ ,  $p < 0,0005$ ), diamètre interne ( $t = 23,896$ ,  $p < 0,0005$ ), diamètre externe ( $t = 52,199$ ,  $p < 0,0005$ ), profondeur ( $t = 27,292$ ,  $p < 0,0005$ ). Les autres paramètres sont résumés dans le Tableau 15 et 16.

**Tableau 15 : Paramètres d'emplacement des nids chez le Verdier d'Europe.**

	N	Min	Max	Mean	S,E	S, D
INC	142	5,42	10,18	7,56	0,08	0,96
ENC	142	8,41	18,00	12,60	0,15	1,86
NCD	141	2,49	7,74	4,64	0,06	0,75
NHG	320	0,63	7,31	2,67	0,07	1,40
DNT	320	0,00	3,41	0,99	0,03	0,69
DNL	320	0,12	5,19	1,44	0,05	0,89
DNE	320	0,15	4,22	1,27	0,03	0,66
NBL	320	0,27	5,97	2,27	0,05	1,02
NTH	320	1,39	9,93	3,87	0,10	1,92
NVP	320	3,66	93,09	55,15	0,89	15,95
NPI	320	0,00	90,18	41,86	1,07	19,22

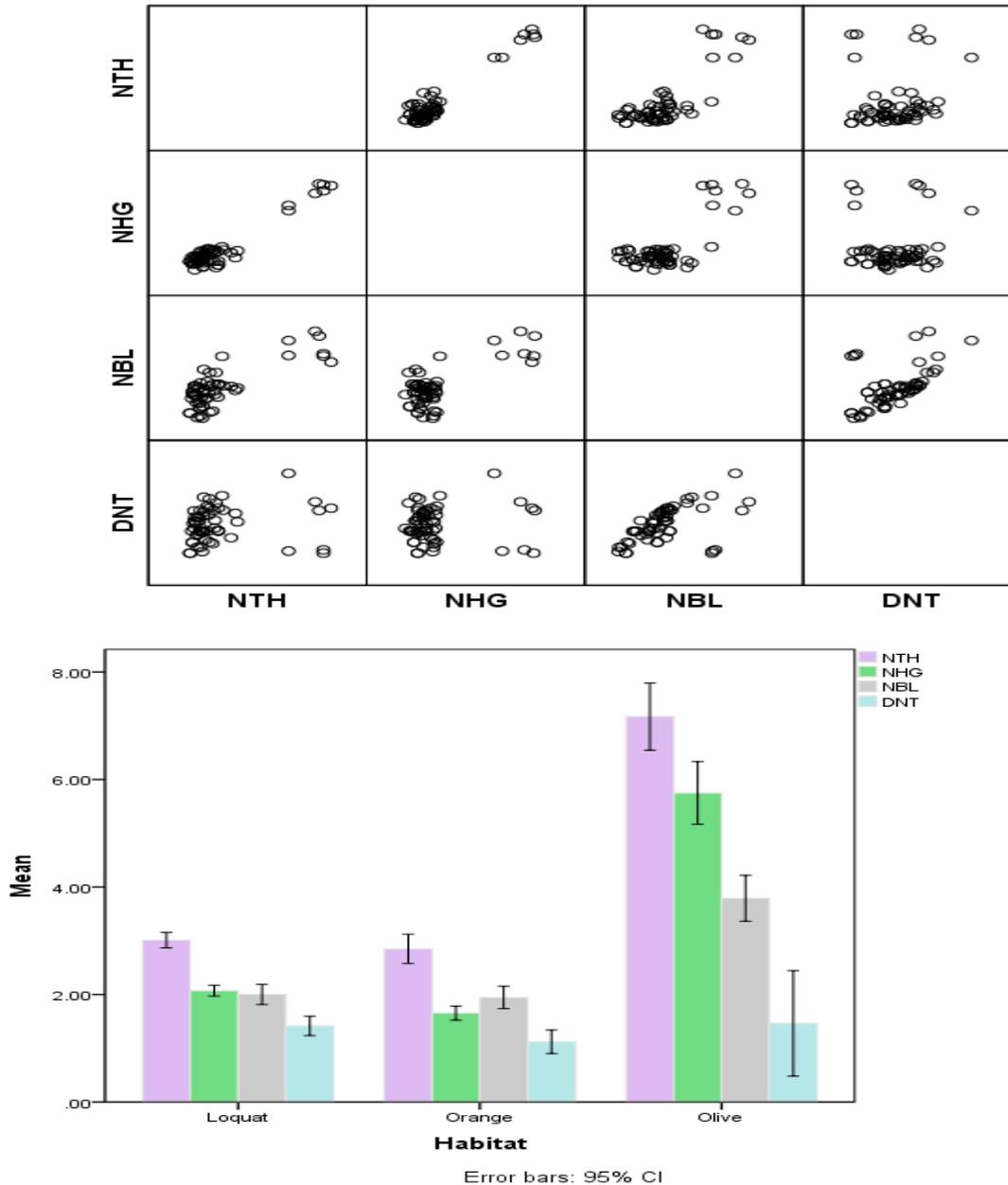
INC ; Diamètre interne, ENC ; Diamètre externe, NCD ; Profondeur du nid, NHG ; Hauteur du nid par rapport au sol, DNT ; Distance nid-tronc, DNL ; Distance nid-partie interne du feuillage, DNE ; Distance nid-partie externe du feuillage, NBL ; Longueur du branche portant le nid, NTH ; Hauteur de l'arbre, NVP ; Position relative verticale, NPI ; Position relative horizontale.

Chez le Serin cini, la hauteur moyenne des arbres est de  $3,46 \pm 0,19$  m, elle varie significativement en fonction de l'habitat (Anova,  $F_{2,55} = 238,4$ ,  $p < 0,0005$ ), mais pas entre les deux années ( $t = 0,862$ ,  $p = 0,357$ ). Lorsque la variation spatiale est contrôlée, la hauteur des arbres ne varie pas en fonction des dates de ponte (ANCOVA:  $r^2 = 0,926$ ,  $F_{38,10} = 1,322$ ,  $p = 0,332$  ; élimination de l'effet de l'habitat).

La hauteur moyenne des nids est de  $2,39 \pm 0,17$  m. Elle varie significativement en fonction de l'habitat (Anova,  $F_{2,55} = 402,9$ ,  $p < 0,0005$ ), mais pas en fonction de l'année ( $t = 0,827$ ,  $p = 0,367$ ). Lorsque les variations spatiales sont contrôlées, cette hauteur ne varie pas en fonction des dates de ponte (ANCOVA:  $r^2 = 0,936$ ,  $F_{38,10} = 1,757$ ,  $p = 0,172$  ; élimination de l'effet de l'habitat). La hauteur des nids est corrélée positivement avec la hauteur des arbres (régression linéaire :  $r^2 = 0,911$ ,  $F_{1,56} = 576,4$ ,  $p < 0,0005$ ) et la longueur des branches (régression linéaire :  $r^2 = 0,527$ ,  $F_{1,56} = 62,28$ ,  $p < 0,0005$ ). La hauteur des arbres choisis pour la nidification et la hauteur des nids ne varie pas entre les deux espèces (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,994$ ,  $F_{2,375} = 1,151$ ,  $p = 0,317$ ).

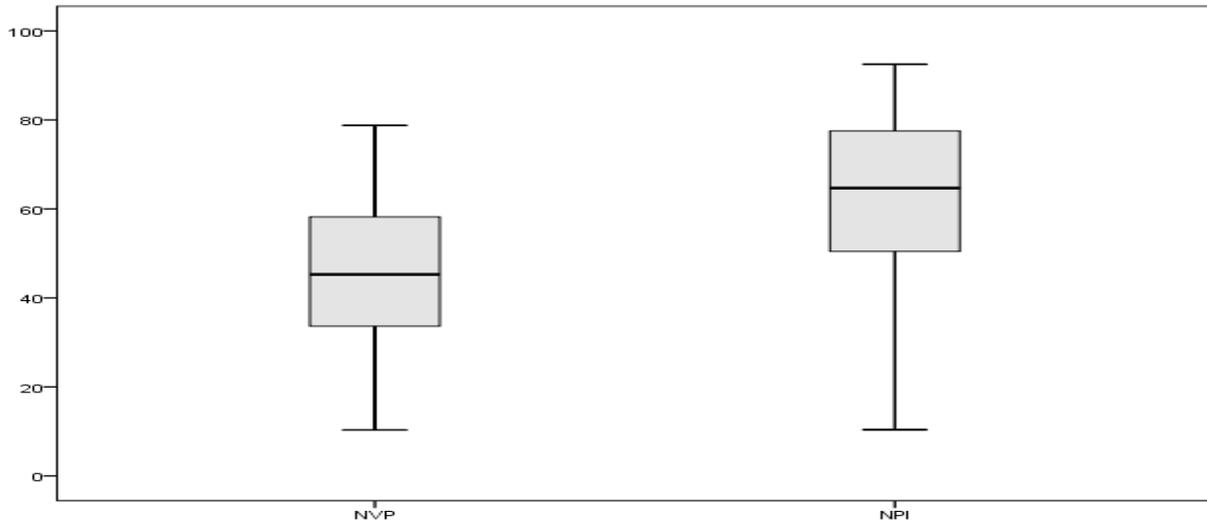
La distance moyenne au tronc est de  $1,33 \pm 0,07$  m. Elle ne varie pas en fonction de l'habitat (Anova,  $F_{2,55} = 1,587$ ,  $p = 0,214$ ), l'année ( $t = 0,026$ ,  $p = 0,872$ ) et les dates de ponte (régression linéaire :  $r^2 = 0,001$ ,  $F_{1,48} = 0,055$ ,  $p = 0,815$ ). La distance moyenne au tronc est corrélée positivement avec la longueur des branches (régression linéaire :  $r^2 = 0,588$ ,  $F_{1,56} = 22,81$ ,  $p < 0,0005$ ). Ces quatre variables sont hautement corrélées (Figure 42). La longueur des branches portant les nids est identique chez les deux espèces ( $t = 0,271$ ,  $p = 0,306$ ), mais la distance entre le nid et le tronc est plus grand chez le Serin cini ( $t = 12,652$ ,  $p < 0,0005$ ) (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,669$ ,  $F_{3,163} = 26,939$ ,  $p < 0,0005$ ).

L'emplacement vertical des nids est situé en moitié inférieure de la frondaison (moyen = 45,4%) et la majorité des nids (75%) ont des positions verticales ne dépassent pas 58,2%, alors que le positionnement horizontal est presque à mi-distance entre le tronc et la périphérie des arbres (moyen = 61,9%) et la majorité des nids (75%) ont des positions horizontales entre 49,8% et 92,5% (Figure 43).



**Figure 42 : Corrélation de certains paramètres de position des nids chez le Serin cini (NTH : Hauteur de l'arbre; NHG ; Hauteur du nid par rapport au sol ; NBL : Longueur du branche portant le nid ; DNT : Distance nid-tronc).**

Le positionnement vertical et horizontal des nids varie significativement en fonction de l'habitat (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,560$ ,  $F_{4,102} = 8,561$ ,  $p < 0,0005$ ), mais pas en fonction de l'année (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,982$ ,  $F_{2,51} = 0,473$ ,  $p = 0,626$ ), et de l'interaction (Habitat x Année) (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,983$ ,  $F_{4,102} = 0,216$ ,  $p = 0,929$ ).



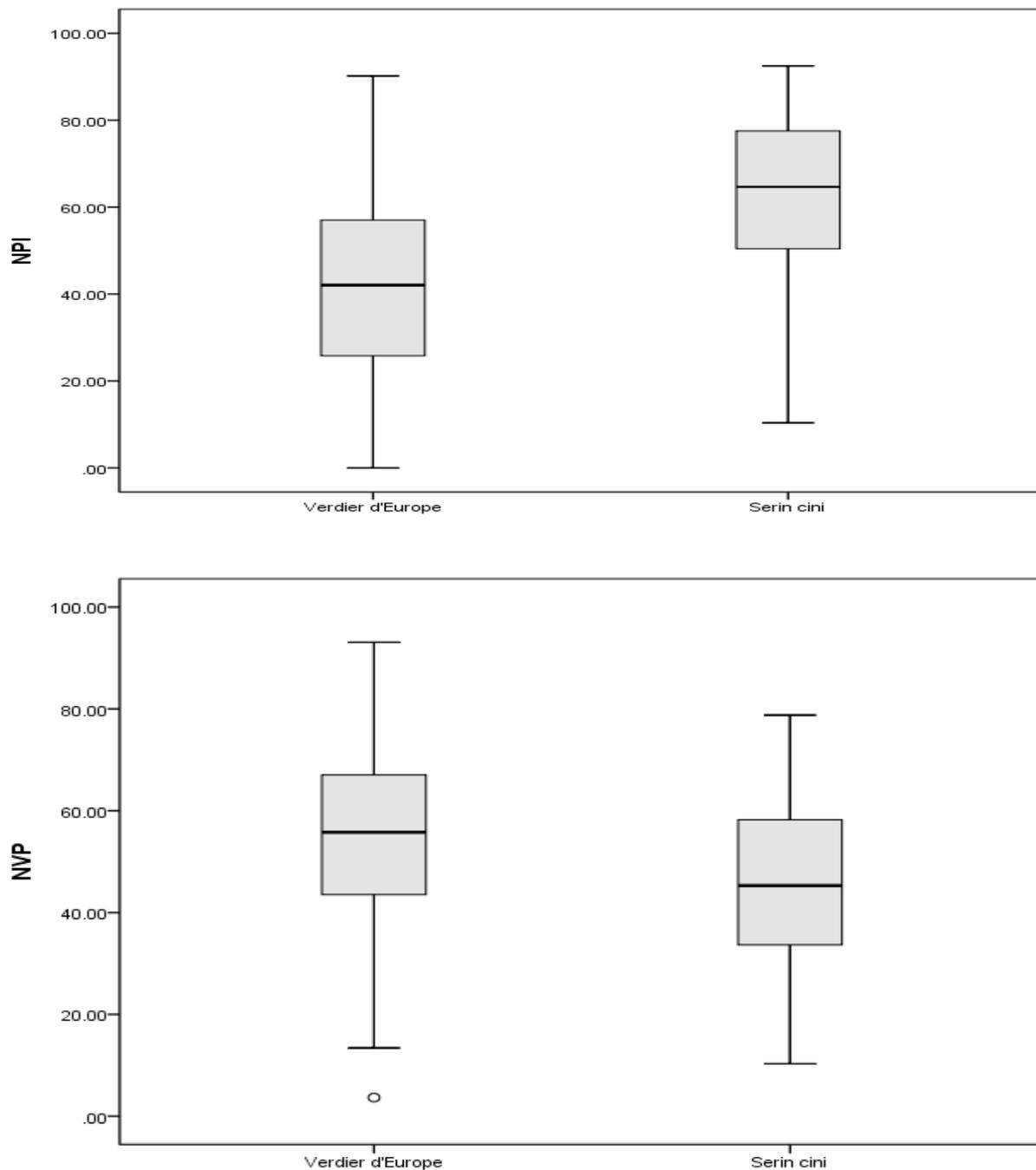
**Figure 43 : Positions relatives verticales (NVP) et horizontales (NPI) des nids chez le Serin cini.**

Les positions relatives varient significativement entre les deux espèces (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,850$ ,  $F_{2,375} = 32,959$ ,  $p < 0,0005$ ). En effet l'emplacement vertical des nids est plus élevé chez le Verdier d'Europe ( $t = 18,705$ ,  $p < 0,0005$ ) mais l'emplacement horizontal est supérieur chez le Serin cini ( $t = 53,388$ ,  $p < 0,0005$ ) (Figure 44 a et b).

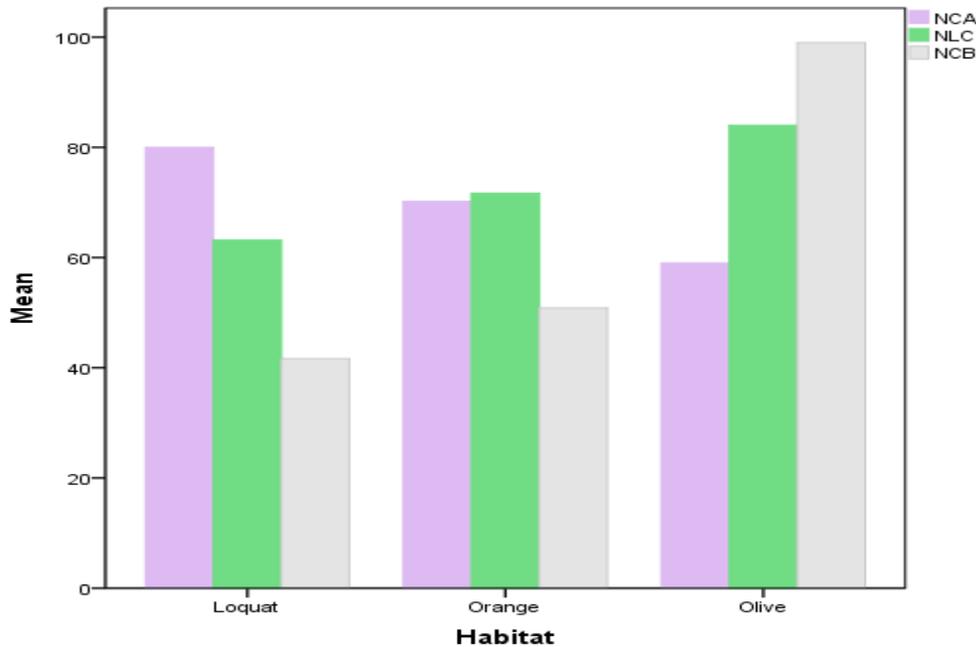
Le camouflage des nids est une moyenne de : dissimulation du nid au-dessus (*nest concealment above* NCA) =  $74,9 \pm 5,7\%$ , dissimulation latérale du nid (*laterale nest concealment* LNC) =  $68,0 \pm 4,0\%$  et dissimulation du nid au-dessous (*nest concealment below* NCB) =  $52,3 \pm 6,0\%$ . Ces valeurs enregistrées varient d'un habitat à un autre (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,546$ ,  $F_{6,54} = 3,184$ ,  $p < 0,01$ ) (Figure 45). Le NCA est corrélé positivement avec la distance moyenne au tronc et le positionnement horizontal des nids ( $r = 0,452$ ,  $n = 32$ ,  $p < 0,009$  ;  $r = 0,466$ ,  $n = 32$ ,  $p < 0,007$  ; respectivement) et le NCB est corrélé positivement avec la hauteur des nids ( $r = 0,603$ ,  $n = 32$ ,  $p < 0,0005$ ).

Le Serin cini montre une préférence vers les arbres à feuillage dense 50,0% par rapport à ceux à feuillage moyenne 31,3% et faible 18,8% ( $\chi^2 = 4,750$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,003$ ), ces valeurs sont variables en fonction de l'habitat (Kruskal-Wallis test,  $\chi^2 = 8,299$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,006$ ), en effet dans les vergers de néflier du Japon (feuillage dense 47,6%, moyenne 28,6% et faible 23,8%) et de l'oranger (feuillage dense 100,0%) la densité du feuillage est plus importante que dans les vergers d'olivier (moyenne 80,0% et faible 20,0%).

Concernant la position des branches, l'espèce montre une préférence vers les arbres où la majorité de leurs branches ont des positions horizontales 56,3%, et installe les nids sur des branches ont des positions horizontales 70,4% ( $\chi^2 = 17,6$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0005$ ).



**Figure 44 : Variation des positions relatives verticales (NVP) et horizontales (NPI) entre les deux espèces.**



**Figure 45 : Pourcentage de camouflage des nids en fonction des habitats chez le Serin cini (NCA : Dissimulation du nid au-dessus ; LNC : Dissimulation latérale du nid; NCB : Dissimulation du nid au-dessous).**

**Tableau 16 : Paramètres d'emplacement des nids chez le Serin cini.**

	N	Min	Max	Mean	S,E	S, D
INC	26	4,61	9,00	6,52	0,22	1,16
ENC	26	7,68	12,44	9,80	0,28	1,47
NCD	26	0,16	5,20	3,75	0,19	0,98
NHG	58	1,23	6,32	2,39	0,17	1,30
DNT	58	0,36	3,11	1,33	0,07	0,58
DNL	58	0,23	2,89	0,92	0,07	0,55
DNE	58	0,12	3,11	0,86	0,08	0,67
NBL	58	1,02	4,44	2,20	0,10	0,77
NTH	58	2,35	7,89	3,46	0,19	1,46
NVP	58	10,31	78,77	45,39	1,96	14,99
NPI	58	10,37	92,50	61,92	2,53	19,30

INC ; Diamètre interne, ENC ; Diamètre externe, NCD ; Profondeur du nid, NHG ; Hauteur du nid par rapport au sol, DNT ; Distance nid-tronc, DNL ; Distance nid-partie interne du feuillage, DNE ; Distance nid-partie externe du feuillage, NBL ; Longueur du branche portant le nid, NTH ; Hauteur de l'arbre, NVP ; Position relative verticale, NPI ; Position relative horizontale.

Concernant la dissimulation des nids, il n'existe aucune différence entre les deux espèces (MANOVA: Wilks'  $\lambda = 0,967$ ,  $F_{3,143} = 1,606$ ,  $p = 0,191$ ). En plus, les deux espèces choisissent des arbres à feuillage dense pour l'édification de leurs nids (Mann-Whitney U-test,  $Z = -0,373$ ,  $p = 0,709$ ). En ce qui concerne la position des branches choisies pour l'installation des nids, le Verdier d'Europe a montré une préférence vers les branches verticales alors que le Serin cini préfère les branches horizontales (Mann-Whitney U-test,  $Z = -8,371$ ,  $p < 0,0005$ ;  $Z = -8,113$ ,  $p < 0,0005$ ; la plupart des branches des arbres et la position du branche portant le nid respectivement).

La majorité des nids ont été orientés entre le Nord et Est (63,7% ;  $n = 37$ ) ; Nord (20,7% ;  $n = 12$ ), Est (32,8% ;  $n = 19$ ) et Nord-Est (10,3% ;  $n = 6$ ).

### **b) Méso habitat**

Chez le Verdier d'Europe, la distance entre les nids est en moyenne de  $53,22 \pm 3,38$  m. Cette distance ne varie pas entre les sites ( $t = 0,083$ ,  $p = 0,774$ ), mais les nids sont proches les uns des autres dans le néflier du Japon ( $26,79 \pm 2,23$  m) que dans les orangers ( $62,97 \pm 4,52$  m) et les oliviers ( $58,05 \pm 8,62$  m) (Anova :  $F_{2,112} = 11,906$ ,  $p < 0,0005$ ).

La distance à la bordure en conifère est en moyenne de  $75,15 \pm 4,62$  m. Cette distance ne varie pas entre les sites ( $t = 0,003$ ,  $p = 0,992$ ), mais les nids sont plus proches à la frontière de conifère dans le néflier du Japon ( $43,18 \pm 4,73$  m) que dans les orangers ( $88,92 \pm 5,48$  m) ( $t = 26,251$ ,  $p < 0,0005$ ).

Chez le Serin cini, la distance entre les nids est en moyenne de  $42,06 \pm 6,61$  m. Les nids sont proches les uns des autres dans le néflier du Japon ( $19,33 \pm 2,68$  m) que dans les orangers ( $101,67 \pm 9,97$  m) et les oliviers ( $66,0 \pm 10,88$  m) (Anova :  $F_{2,29} = 60,54$ ,  $p < 0,0005$ ). La distance à la bordure en conifère est en moyenne de  $67,59 \pm 8,46$  m. Il n'existe aucune différence entre le néflier du Japon ( $67,38 \pm 9,66$  m) et les orangers ( $68,33 \pm 19,22$  m) ( $t = 0,002$ ,  $p = 0,964$ ).

En général, les nids du Serin cini sont légèrement plus proches les uns des autres par rapport à ceux du Verdier d'Europe ( $t = 2,013$ ,  $p = 0,049$ ), mais il n'existe aucune différence entre les deux espèces en ce qui concerne la distance des nids par rapport à la bordure en conifère

( $t = 0,783, p = 0,049$ ). En outre, les nids du Verdier d'Europe sont plus proches les uns des autres par rapport à ceux du Serin cini dans les orangers ( $t = - 3,533, p < 0,009$ ), mais les nids du Serin cini sont plus proches à la bordure en conifère ( $t = - 2,535, p < 0,01$ ).

### c) Emplacement des nids et succès de reproduction

Chez le Verdier d'Europe, la comparaison des moyennes de l'ensemble des variables de l'emplacement des nids réussis et non réussis ne permet pas de prouver une quelconque influence de la position des nids sur le succès de la reproduction. Dans les orangers, la distance du nid au tronc (DNT) ( $t = 5,090, p < 0,002$ ), la position relative horizontale (NPI) ( $t = 4,206, p < 0,004$ ), la position des branches portant le nid (PBN) ( $t = 10,528, p < 0,002$ ) et la dissimulation latérale des nids (LNC) ( $t = 8,215, p < 0,006$ ), montre une différence significative entre les nids réussis et non réussis. Les nids qui réussissent sont plus proches aux troncs, placés sur des branches verticales et ont été bien cachés par rapport à ceux non réussis.

Chez le Serin cini, la comparaison des moyennes de l'ensemble des variables de l'emplacement des nids réussis et non réussis ne permet pas de prouver une quelconque influence de la position des nids sur le succès de la reproduction.

# **Discussion**

## 1. Richesse de l'avifaune

Malgré sa position géographique, entourée par les montagnes de l'atlas tellien, où les conditions écologiques sont médiocres, la région de Guelma abrite une richesse aviaire remarquable, bien adaptée à la rudesse du climat. Cette position intermédiaire entre des écosystèmes forestiers boisés et des écosystèmes ouverts, a permis l'implantation dans la région de plusieurs populations d'oiseaux caractéristiques de différents milieux, comme la Tourterelle turque dans le milieu urbain.

L'analyse du peuplement avien de cette région a révélé la dominance de la famille des Muscicapidae qui compte globalement environ 300 espèces d'oiseaux forestiers ou inféodés à des habitats ouverts (Ramade, 2008). Cette famille constitue une part importante de l'avifaune des écosystèmes du Paléarctique (Aliabadian *et al.*, 2007). Une autre famille d'importance spécifique qui colonise les milieux ouverts est celle des Alaudidae. Elle reflète la nature de la formation végétale dans une importante partie de la région d'étude, les milieux ouverts et les zones agricoles (Cramp et Perrins, 1994 ; Ramade, 2008).

Deux autres familles qui ont une grande présence dans le Paléarctique, les Sylviidae et les Fringillidae (Ramade, 2008) caractérisent les milieux forestiers et pré-forestiers (Cramp et Perrins, 1994 ; Isenmann et Moali, 2000). Au sommet du peuplement, apparaît la famille des Accipitridae qui témoigne de la grande diversité du peuplement (Isenmann et Moali, 2000) et de la complexité des écosystèmes de la région d'étude.

Au total 91 espèces aviennes dont la majorité sont nicheuses, ont été inventoriées au cours de la présente étude (Tableau 16). Cette valeur représente 22.41% des 406 espèces de l'avifaune algérienne citées par Isenmann et Moali (2000). Le présent inventaire demeure modeste par rapport à celui effectué par Kouidri (2013) dans la région du djebel Amour où il a recensé 116 espèces, soit 28.57 % du nombre total des espèces enregistrées en Algérie (Isenmann et Moali, 2000). Le présent travail est comparable à celui effectué par Milla (2008), qui a recensé 78 espèces dans le Sahel et le Littoral algérois, soit 19.2 % de l'ensemble des espèces d'oiseaux citées pour l'Algérie.

La richesse avifaunistique de notre région reste modeste par rapport au nombre total des oiseaux nicheurs dans le pourtour méditerranéen qui comprend 335 espèces nicheuses (Blondel, 1986). Le nombre des espèces nicheuses a tendance à augmenter avec le temps au fur et à mesure dans les régions méditerranéennes (Blondel et Huc, 1978). Parmi ces espèces, le Héron garde-bœufs est l'une des rares espèces qui hivernait seulement en Algérie (Ledant *et al.*, 1981) et il est devenu aujourd'hui cosmopolite (Si Bachir, 2005). C'est le cas également du Héron cendré en Algérie, où des individus de cette espèce hivernante sont devenus sédentaires nicheurs (Nedjah *et al.*, 2014).

La richesse varie d'un milieu à un autre. Elle est égale à 41 espèces dans les zones agricoles, à 61 espèces dans les milieux ouverts et à 27 espèces dans les forêts. Les résultats des milieux ouverts et des forêts demeurent modestes par rapport à des travaux réalisés en Europe, en particulier en France (Muller, 1988 ; Marion et Frochot, 2001) et en Algérie (Doumandji *et al.*, 1993 ; Milla, 2008 ; Kouidri, 2013). Il faut souligner que le feu de forêt est un phénomène important qui pourrait agir sur la richesse et la diversité de l'avifaune forestière. En effet, le premier passage du feu contribue à une diminution drastique du nombre d'oiseaux résidents, qui peut aller quelquefois jusqu'à la disparition totale de l'avifaune. De ce fait, le feu qui a touché la région de Maouna et celle de Béni Salah récemment est sans doute la principale cause de la faible richesse du peuplement avien des forêts de notre région d'étude par rapport aux milieux ouverts et aux zones agricoles, mais cette situation dure peu (Prodon, 1987).

Toutefois, la richesse des oiseaux forestiers varie généralement avec la structure de la végétation et non pas avec la composition floristique (Blondel *et al.*, 1973, 1981). De nombreuses études montrent que la présence et la densité des populations d'espèces sont généralement moins élevées dans les petits fragments forestiers isolés que dans les forêts continues (Zanette *et al.*, 2000 ; Bourque, 2005). Ces études portant sur les populations aviaires en milieu fragmenté ont révélé un phénomène important : certaines espèces semblent systématiquement absentes de parcelles de forêt isolées, même si ces parcelles sont assez grandes pour contenir leurs territoires. C'est le cas par exemple du Pouillot siffleur qui est considéré comme une espèce témoin du bon état des forêts (Delahaye et Vandevyvre, 2008). Du fait de leur diversité, les différents milieux étudiés ont une avifaune riche, à laquelle ils offrent un grand nombre de niches écologiques, une diversité importante des sites de nidification ainsi que des

ressources trophiques variées. Trois espèces endémiques en Afrique du Nord, la Perdrix gabra, le Rougequeue de Moussier et le Pic de Levailant ont été signalées comme nicheuses par la présente étude.

## 2. Distribution biogéographique

Du point de vue biogéographique, le peuplement ornithologique de la région de Guelma est assez hétérogène, par rapport aux schèmes de Voous (1960) qui témoignent que l'affinité de cette avifaune est plus nordique en raison de la dominance des éléments du Nord (plus précisément les origines Paléarctique, Européenne, Méditerranéenne et Européo-Turkestaniennes y tiennent une large part) par rapport à ceux du Sud (Indo-africaine et Ethiopienne). Cela vient de la position géographique de la région et de la diversité de ses biotopes. Ce fait s'explique aisément par la situation géographique du Maghreb par rapport à l'Europe et à la partie occidentale de l'Asie. Mais la grande importance des origines Européenne, Méditerranéenne et Européo-Turkestaniennes est peut-être due en partie au fait qu'elles contiennent les plus grands nombres d'espèces ubiquistes lesquelles peuvent plus facilement s'adapter aux différents milieux de la région de Guelma, comme par exemple les fringillidés et les columbidés. Nous constatons que dans notre région d'étude l'importance relative des faunes boréales et particulièrement Paléarctique est conforme aux conclusions de Blondel (1979) qui a mentionné 37,2% de l'ensemble des espèces d'oiseaux d'Algérie appartient au Paléarctique. De même Blondel *et al.*, (1978) indiquent que les types Paléarctique et Européen sont de loin les plus importants en France. Et selon Blondel (1986, 1990), l'avifaune actuelle de la région méditerranéenne en général, à quelques exceptions près est franchement Paléarctique. Les autres trois types de faunes, Européen, Méditerranéen et Européo-Turkestanéen sont peu représentés.

Les types Paléarctique, Européen, Méditerranéen et Européo-Turkestanéen caractérisent également les différents milieux de l'Algérie, que ce soit les maquis et les forêts, les parcs et les jardins ou les zones humides. Nos résultats concordent avec ceux trouvés dans le parc national de Taza par Doumandji *et al.*, (1993), dans l'Algérois par Moulaï et Doumandji (1996), au Djebel Babor par Bellatrèche (1999), près du Marais de Réghaïa par Milla (2008), dans l'Aurès par Adamou (2011) et au Djebel Amour par Kouidri (2013).

### 3. Phénologie de la reproduction

En Afrique du Nord, la reproduction chez le Verdier d'Europe commence dès la fin-mars et s'étale jusqu'au début du mois de juin (Heim de Balzac et Mayaud, 1962 ; Isenmann et Moali, 2000 ; Isenmann *et al.*, 2005). En général, la première saison de reproduction chez cette espèce a commencé environ deux à quatre semaines plus tôt que la deuxième saison. Dans les détails, la date de ponte du couple le plus précoce en 2013 a été enregistrée dans le néflier du Japon le 18 mars, et celle de 2014 dans les orangers le 3 avril. La différence interannuelle du début de ponte dans chacun des trois habitats fluctue entre 13 jours dans les orangers, 25 jours pour l'olivier et elle atteint 28 jours quant au néflier du Japon. Cette différence pourrait s'expliquer principalement par la disponibilité alimentaire et les conditions météorologiques, incluant principalement la température moyenne et les précipitations.

Chronologiquement, le Serin cini commence la reproduction avant le Verdier d'Europe. Chez le Serin cini la deuxième saison de reproduction était plus précoce que la première. La date de ponte du couple le plus précoce en 2014 a été enregistrée dans le néflier du Japon le 14 février, et celle en 2013 dans les orangers le 2 mars. La différence interannuelle dans chacun des trois habitats a révélé que le début de la deuxième saison était plus précoce que la première dans le néflier du Japon avec 28 jours d'écart entre 2013 et 2014. Par contre, dans les orangers et l'olivier le début de la première saison était plus précoce que la deuxième avec 16 et 20 jours de différence respectivement.

Plusieurs études ont révélé des différences entre les dates d'initiation et/ou les médianes de ponte chez les oiseaux au cours de ces dernières décennies. Ces différences ont été attribuées principalement au phénomène de changement climatique (Dunn et Winkler, 1999 ; Sanz, 2002, 2003 ; Hussell, 2003 ; Sanz *et al.*, 2003 ; Dunn, 2004 ; Parmesan et Yohe, 2003; Barrientos *et al.*, 2007 ; Parmesan, 2007; Dunn et Winkler, 2010). En termes d'adaptation au changement climatique, la plasticité phénotypique chez les oiseaux peut impliquer des changements dans le régime alimentaire, la sélection de l'habitat et le comportement migratoire, mais l'un des aspects les plus importants est la phénologie de reproduction. La plasticité dans l'ajustement des dates de ponte avec les conditions environnementales semble être relativement élevée chez de nombreux passereaux (Sparks, 1999 ; Przybylo *et al.*, 2000 ; Sparks et Braslavskaya, 2001 ; Sparks et Mason,

2001, 2004 ; Sparks *et al.*, 2001, 2002 ; Brommer *et al.*, 2005 ; Nussey *et al.*, 2005) et les variations interannuelles des dates de ponte chez certaines espèces peuvent atteindre presque un mois en fonction des conditions météorologiques locales (Hussell, 2003 ; Barrientos *et al.*, 2007 ; Wesolowski et Cholewa, 2009).

Bien que la plupart des oiseaux pondent leurs œufs plus tôt, quand les températures printanières sont plus chaudes (Crick *et al.*, 1997 ; Crick et Sparks, 1999 ; Dunn et Winkler, 1999 ; Dunn, 2004 ; Barrientos *et al.*, 2007 ; Visser *et al.*, 2009), il existe une variété d'autres facteurs immédiats qui influencent le début de la reproduction, comme les précipitations (Skinner *et al.*, 1998 ; Wikelski *et al.*, 2000 ; Leitner *et al.*, 2003 ; Rodriguez et Bustamante, 2003), l'abondance de la nourriture, la densité de couples reproducteurs, la durée de la lumière du jour (la photopériode), l'altitude, l'humidité et les conditions des habitats occupés (Hahn *et al.*, 1997 ; Dawson *et al.*, 2001 ; Dawson, 2008 ; Visser et Sanz, 2009). De plus, la date de ponte est un trait déterminé génétiquement et elle est partiellement héritable (Charmantier *et al.*, 2006 ; Brommer *et al.*, 2008), ce qui pourrait expliquer le début précoce chez le Serin cini par rapport au Verdier d'Europe.

Outre son rôle sur les niveaux trophiques inférieurs qui influence sur la disponibilité et l'abondance de la nourriture, la température pourrait également avoir des effets directs sur la thermorégulation des oiseaux ou leur capacité à maintenir des œufs viables (Stevenson et Bryant, 2000). Des études expérimentales ont porté sur l'augmentation et l'abaissement de la température dans des conditions contrôlées (Meijer *et al.*, 1999 ; Salvante *et al.*, 2007 ; Visser *et al.*, 2009) suggèrent qu'il peut y avoir des effets directs sur la synchronisation des dates de ponte.

Chez de nombreuses espèces, comme les Gobemouches noir *Ficedula hypoleuca* (Sanz, 2003 ; Both *et al.*, 2004) et à collier *Ficedula albicollis* (Przybylo *et al.*, 2000), les Mésanges charbonnière *Parus major* et bleue *Cyanistes caeruleus* (Sanz, 2002 ; Visser *et al.*, 2003 ; Sæther *et al.*, 2003), les Hirondelles rustique *Hirundo rustica* (Møller, 2008) et bicolore *Tachycineta bicolor* (Dunn et Winkler, 1999 ; Hussell, 2003), le Merle d'Amérique *Turdus migratorius* et le Merle bleu de l'Est *Sialia sialis* (Torti et Dunn, 2005), il existe des variations considérables des dates de ponte entre les sites d'études et les auteurs ont attribué ces fluctuations aux différences locales de température.

En Amérique du Nord, Dunn et Winkler (1999) ont reporté un avancement de cinq à neuf jours de la date de ponte chez l'Hirondelle bicoloré entre 1959 et 1991. A l'échelle de ce continent, Hussell (2003) a montré chez l'Hirondelle bicoloré dans quatre sites de la région de Long Point entre 1969 et 2001, que les dates médianes d'initiation de ponte des femelles âgées d'au moins deux ans, variaient entre les années à cause de l'augmentation de la température, et ce jusqu'à 20 jours pour l'ensemble des sites et 18 jours à l'intérieur d'un même site. Ces dates différaient également de 0 à 14 jours entre les sites pour une même année. Les résultats de Hussell (2003) sont en accord avec ceux de Dunn et Winkler (1999) exposant que les températures printanières étaient un déterminant important de la synchronisation des dates de ponte chez les Hirondelles bicolorées. Les résultats de Crick et Sparks (1999) montrent aussi les effets des changements climatiques (principalement la température et les précipitations) sur les dates de ponte.

L'abondance alimentaire est considérée comme l'un des plus importants indices secondaires qui ont un effet non négligeable sur le début de la ponte chez les oiseaux. Lack (1954) a suggéré que les femelles commencent la ponte de telle sorte que l'éclosion des œufs coïncide avec le pic saisonnier de l'abondance de nourriture, où les besoins énergétiques de leur progéniture sont vraisemblablement plus grands, mais il n'existe que peu d'études avec des mesures directes qui montrent l'effet de l'abondance de la nourriture sur la phénologie de la reproduction (Daan *et al.*, 1989 ; Visser *et al.*, 1998 ; Both et Visser, 2001 ; Visser et Holleman, 2001). Contrairement à l'hypothèse de Lack (1954), d'autres études indiquent que les dates de ponte ne sont pas chronométrées pour correspondre à un pic d'abondance de nourriture. Par exemple, la Rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*) s'alimente sur les insectes qui sont abondants tout au long de la saison mais il n'y a pas un pic clair de leurs abondance (Halupka *et al.*, 2008). C'est le cas également de l'Hirondelle bicoloré, dont la nourriture reste abondante longtemps après l'envol des juvéniles (Dunn et Winkler, 2010). Selon ces derniers auteurs, l'abondance des insectes a été très variable avant la ponte et ne peut pas être considérée comme un indice fiable de l'abondance de nourriture pendant la période d'élevage des poussins.

En revanche, les pratiques agricoles régulièrement exercées dans les vergers durant les mois de mars et avril 2014 ont probablement influencé le début de la ponte chez le Verdier d'Europe. Dans les orangers on a observé une extension considérable de la période de récolte des

fruits. Quant au néflier du Japon, cette période a été consacrée au traitement phytosanitaire. Le début retard de la reproduction a été observé chez d'autres passereaux nicheurs dans les mêmes habitats occupés par le Verdier d'Europe et le Serin cini tel que le Merle noir, la Tourterelle maillée et le Pinson des arbres, ce qui peut confirmer les hypothèses de température, de disponibilité alimentaire et celle du dérangement humain.

La différence de la période de ponte enregistrée entre les deux saisons est sans doute relative au début retardé de la deuxième saison, et celle entre les habitats est probablement due aux facteurs biotiques et abiotiques du milieu qui incluent les ressources trophiques, les différentes activités exercées dans chaque habitat et les conditions et les besoins qui limitent ces derniers. Par exemple, dans le néflier du Japon, la plupart des arbres perdent leurs feuilles à partir de la dernière décennie du mois de mai. Ce phénomène naturel est un critère important qui a un effet direct sur la fin de la saison de reproduction dans cet habitat. En effet, dès le début de ce phénomène il n'aurait plus de feuillage pour camoufler les nids et par conséquent les couples nicheurs arrêtent l'installation des nids dans ce type d'habitat. Par contre, les orangers et les oliviers ne sont pas menacés par ce phénomène naturel ce qui permet aux populations qui occupent ces habitats de profiter d'une période supplémentaire par rapport à celles qui nichent dans le néflier du Japon. Dans les orangers, l'irrigation gravitaire qui commence plus tôt dans le deuxième site par rapport au premier site influence largement la fin de saison de reproduction dans ces vergers. Sans doute, ce phénomène dérange énormément les couples nicheurs du Verdier d'Europe qui ont installé leurs nids dans d'autres types d'habitats adjacents tel les citronniers, les pruniers jaune et rouge où les activités d'irrigation sont absentes durant cette période de la saison. Il faut aussi signaler que les couples du Verdier d'Europe abandonnent les nids parfois lors de la phase de construction après la chute des pluies ce qui montre que ce type d'activités exercées par les agriculteurs peut avoir un effet nuisible sur la reproduction du Verdier d'Europe. Dans l'olivier, la fin de la saison de reproduction est probablement influencée par l'occupation du territoire par d'autres espèces migratrices telles que la Tourterelle des bois et le Gobemouche gris qui entrent en concurrence intra spécifique avec les modèles d'étude et avec d'autres espèces nicheuses pour l'accès à des ressources alimentaires.

Bien que le changement climatique et la disponibilité de la nourriture pourraient être importantes pour le début de la saison de reproduction chez certaines espèces (Perrins, 1970 ;

Bryant, 1975), il existe d'autres aspects d'histoire de la vie, tels que le nombre de couvées par saison (Crick *et al.*, 1993 ; Visser *et al.*, 2003) qui peuvent avoir une influence chez certaines espèces.

Chez les espèces à pontes multiples, le succès de reproduction dépend non seulement du succès à l'éclosion et de celui à l'envol mais également du nombre de couvées réalisées durant la saison, donc de la durée de la saison de reproduction. Ces espèces commencent généralement la ponte dès l'arrivée du printemps (Crick *et al.*, 1993). Si le changement climatique réduit la période où la nourriture est disponible pour la deuxième couvée, alors le succès de cette dernière diminue et peu de couples la produiront (Visser *et al.*, 2003 ; Husby *et al.*, 2009).

Les femelles à unique ponte, sont programmées pour commencer à pondre avec le pic d'abondance de la nourriture. C'est le cas des Mésanges charbonnières et bleues, comme le cas des espèces qui ont subi une baisse importante de la tendance de deuxième couvée, elles montrent aussi un petit changement des dates de ponte avec le temps (Visser *et al.*, 2003).

Les inférences sur les causes du changement de la phénologie de reproduction doivent être prises avec prudence, car la plupart des études réalisées ont été basées sur des corrélations simples entre les dates de ponte et la température, la précipitation ou d'autres variables climatiques.

Par conséquent, les analyses pourraient confondre avec les changements de l'utilisation des territoires par l'homme, la pollution ou la densité des couples nicheurs. Par exemple, si le changement de l'habitat influe négativement sur la taille de la population et la densité des couples reproducteurs, il pourrait y avoir plus de ressources disponibles pour chaque individu, ce qui pourrait réduire la concurrence et permettre aux individus de commencer la reproduction le plus tôt possible.

La taille des populations a été connue comme un facteur influençant les dates d'arrivée de certaines espèces migratrices sur leurs territoires de reproduction (Tryjanowski *et al.*, 2005 ; Miller-Rushing *et al.*, 2008). Ainsi ce facteur peut également avoir un impact sur le début de la reproduction. C'est le cas également de nos trois habitats. Le néfler du Japon héberge une population importante qui se reproduit avec une grande densité pouvant atteindre 15 couples/ha.

Il est donc indiscutable que cette population a besoin de ressources alimentaires importantes pour assurer une réussite maximale de sa progéniture. Les orangers, au contraire, hébergent une population moyenne de Verdier d'Europe dans le premier site et une petite population dans le deuxième site qui se reproduit avec une densité moins importante que celle du néflier du Japon. En outre, les orangers offrent d'autres avantages très importants pour le début précoce de la reproduction tel que la disponibilité alimentaire à travers les champs de cultures céréalières adjacentes et la proximité de principale cours d'eau de la région, l'Oued Seybouse qui permet aux couples nicheurs l'accès à une variété de ressources alimentaires à travers les mauvaises herbes et les insectes. En contraste, l'olivier ne présente aucune caractéristique qui offre des ressources alimentaires au début de la saison.

Dans le néflier du Japon et l'olivier durant les premiers mois de la saison de reproduction, les propriétaires des vergers ont été préoccupés par le labour des terres pour contrôler les mauvaises herbes vivaces afin d'avoir une meilleure production, ce qui pourrait influencer négativement sur le début de la reproduction dans ces deux types d'habitats par rapport aux orangers durant la saison 2014.

Les effets de variation de densité des couples reproducteurs et la qualité de l'habitat ont rarement été étudiés, mais ils pourraient être nuls dans le cas où les effets anthropiques sur les conditions de reproduction sont contrôlés (Dunn et Winkler, 1999 ; Sanz *et al.*, 2003 ; Dyrz et Halupka, 2009 ; Wanless *et al.*, 2009 ; Wesolowski et Cholewa, 2009).

À l'échelle de la population, la période de reproduction peut être modifiée en fonction de la plasticité phénotypique, les changements démographiques ou la sélection naturelle. La plasticité phénotypique pourrait induire des changements rapides (Bradshaw et Holzapfel, 2006 ; Visser, 2008). En fin, la saison de reproduction montre une variation latitudinale importante, plusieurs passereaux commencent la saison de reproduction plus tôt dans les latitudes méridionales par rapport aux latitudes arctiques et ont une longue période de ponte (Heim de Balzac et Mayaud, 1962 ; Cramp et Perrains, 1994 ; Anderson *et al.*, 2013), ce facteur pourrait être la cause principale de la différence observée entre nos résultats et ceux obtenus en Angleterre (Monk, 1951 ; Crick *et al.*, 1993), en Pologne (Kosinski, 2001a, 2001b) et en Espagne (Gil-Delgado et Catala, 1989 ; Gil-Delgado *et al.*, 2005).

#### 4. Grandeur de ponte

Chez de nombreuses espèces d'oiseaux, la grandeur de ponte n'est pas constante tout au long de la saison de reproduction (Klomp, 1970 ; Martin, 1987 ; Daan *et al.*, 1989 ; Briggs, 1993 ; Desrochers et Magrath, 1993 ; Cooper *et al.*, 2005). Les individus qui se reproduisent tôt pondent généralement plus d'œufs que ceux qui se reproduisent plus tard (Murphy, 1986). Une tendance similaire est souvent observée entre les années, la taille moyenne des couvées est généralement plus grande dans les années où le début de la reproduction est relativement tôt (Murphy, 1986 ; Perrins et McCleery, 1989). Globalement, les espèces à ponte unique ont tendance à montrer une baisse de la taille des couvées au cours de la saison, tandis que les espèces à pontes multiples ont habituellement un pic à la mi saison (Lack, 1954 ; Klomp, 1970 ; Perrins, 1970 ; Crick *et al.*, 1993). Des scientifiques supposent que les conditions de reproduction ont un impact non négligeable sur l'augmentation et l'abaissement de la grandeur de ponte, et que la taille optimale des couvées est plus grande pour chaque individu de la population lorsque les conditions de reproduction sont meilleures (Lack, 1947 ; Crick *et al.*, 1993).

Les contraintes pourraient être liées aux différences de capacités parentales ou de qualité de l'habitat. Effectivement, l'âge des couples nicheurs (Klomp, 1970 ; Murphy, 1986 ; Sæther, 1990 ; Desrochers et Magrath 1993) et l'approvisionnement alimentaire (Perrins, 1970 ; Murphy, 1986 ; Daan *et al.*, 1989 ; Perrins et McCleery, 1989 ; Boutin, 1990), pourraient influencer la taille des couvées. Les jeunes femelles produisent à la fois une petite couvée plus tardive que les femelles âgées. D'autre part les parents peuvent réduire la taille des couvées en fin de la saison en raison de la baisse des approvisionnements alimentaires nécessaires pour l'élevage des jeunes. La population montre ainsi une baisse saisonnière de la taille des couvées. Cependant, il semble que la condition physique des individus soit l'un des facteurs les plus importants, les individus en bonne condition réussissent généralement à nicher plus tôt et à pondre plus d'œufs (Daan *et al.*, 1989).

De nombreuses expériences sur l'alimentation ont aussi montré qu'en augmentant la condition physique des individus, on pouvait aussi avancer le moment de ponte et augmenter le nombre d'œufs dans la couvée (Daan *et al.*, 1989 ; Boutin, 1990 ; Meijer *et al.*, 1990). D'autres chercheurs ont examiné le rôle de la disponibilité des ressources alimentaires avant la ponte et

ont suggéré que la taille de ponte était conditionnée par celle-ci (Perrins, 1965, 1970 ; Lack, 1967, 1968). Toutefois, si la disponibilité de la nourriture pendant ou avant la ponte peut effectivement limiter le nombre d'œufs, il est peu probable qu'elle puisse expliquer le déclin saisonnier.

Une autre hypothèse suggère qu'une petite taille de la couvée en début de saison pourrait être adaptative, indépendamment de l'approvisionnement alimentaire concurrente, elle permet une ponte de remplacement plus rapide après la prédation (Slagsvold, 1982 ; Crick *et al.*, 1993). Ainsi, le risque de prédation pourrait influencer le changement saisonnier de la taille des couvées indépendamment des changements saisonniers dans l'approvisionnement alimentaire disponibles pour la reproduction.

Néanmoins, d'autres auteurs ont émis une hypothèse indiquant que les parents qui se reproduisent plus tard, réduisent la taille des couvées, car la reproduction est coûteuse en énergie et la valeur de la progéniture diminue au cours de la saison (Hussell, 1972 ; Murphy, 1986). Par conséquent, la taille optimale des couvées peut être déterminée par de nombreux facteurs, comme les conditions du milieu, la qualité de l'habitat, le moment de la reproduction, l'âge des couples nicheurs, l'approvisionnement alimentaire, le taux de prédation et le coût de la reproduction (Hussell, 1972 ; Slagsvold, 1982 ; Murphy, 1986 ; Lima, 1987 ; Lessells, 1991).

En outre, les mêmes espèces pourraient présenter deux tendances différentes de variation de la grandeur de ponte dans leurs aires de répartition si elles se reproduisent avec deux sous-populations, l'une est migratrice et l'autre sédentaire. Le Merle bleu *Sialia sialis* montre une augmentation initiale de la taille des couvées dans la partie sud de son aire, avec un pic en mi-saison suivie d'un déclin. Cependant, dans la partie nord de son aire, où la population est migratrice, la taille des couvées montre un déclin continu tout au long de la saison (Dhondt *et al.*, 2002).

En fin, les différences enregistrées entre nos résultats et ceux obtenus en Angleterre (Monk 1951 ; Crick *et al.*, 1993), en Pologne (Kosinski, 2001a, 2001b) et en Espagne (Gil-Delgado et Catala, 1989 ; Gil-Delgado *et al.*, 2005) pourrait s'expliquer par la variation latitudinale de la grandeur de ponte (von Haartman, 1967 ; Young, 1994 ; Martin *et al.*, 1996 ; Sanz, 1999 ; Dhonth *et al.*, 2002 ; Cooper *et al.*, 2005 ; Gil-Delgado *et al.*, 2005).

## 5. Durées d'incubation et d'élevage

Chez certaines espèces d'oiseaux, les deux parents se relaient pour l'incubation des œufs (Clutton et Brock, 1991), mais, chez le Verdier d'Europe et le Serin cini, seules les femelles couvent, ce qui est semblable aux autres fringillidés. La période d'incubation moyenne peut être comparée à celle trouvée par Monk (1954), Cramp et Perrins (1994) et Kouidri (2013). En outre, la variation intra-annuelle de la période d'incubation a été prévue car cette période est souvent corrélée avec de nombreux facteurs notamment le poids corporel des adultes (Rahn *et al.*, 1975), le volume des œufs (Rahn *et al.*, 1975 ; Martin et Arnold, 1991 ; Arnold, 1993), la grandeur de ponte (Arnold, 1993), le changement climatique (Afton, 1979b, 1980 ; Reid *et al.*, 2000 ; Bensouilah *et al.*, 2014), la période de pré-incubation (Arnold, 1993) et la saison de reproduction (Arnold, 1993). En effet, la baisse température de l'air et les chutes de pluie prolongent la durée d'incubation chez nombreuses espèces d'oiseaux (Drent, 1970 ; Afton, 1979b, 1980 ; Arnold, 1993 ; Conway et Martin, 2000 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

La période d'élevage est semblable à celle observée chez les passereaux australiens (Yom-Tov, 1987), alors qu'elle est bien supérieure à celles rapportées en Europe pour le Verdier et d'autres fringillidés (Cramp et Perrins, 1994 ; Rodriguez et Moreno, 2008). Cette différence pourrait être relative au taux élevé de prédation des oisillons (Martin et Li, 1992).

## 6. Survie quotidienne et productivité des nids

Nos résultats sur la survie quotidienne et la productivité des nids varient considérablement entre les deux modèles d'étude et elles sont plus importantes chez le Serin cini. Toutefois, la survie journalière des nichées varie en fonction des stades de développement, l'habitat et l'année de suivi. La variation de la survie journalière des nichées entre les différents stades de nidification a été rapportée chez de nombreux passereaux (Kelleher et O'Halloran, 2006 ; Hanane et Baamal, 2011 ; Bensouilah *et al.*, 2014 ; Brahmia *et al.*, 2015). C'est le cas également de la variation annuelle (Kelleher et O'Halloran, 2006 ; Hanane et Baamal, 2011 ; Brahmia *et al.*, 2015). En plus, d'autres auteurs ont trouvé que le type d'habitat (Khoury *et al.*, 2009 ; Hanane and Baamal, 2011) et le choix du micro habitat du nid (Martin et Roper, 1988) ont un grand impact sur la survie quotidienne des nichées.

Ces variations ont été observées aussi entre la première et la deuxième ponte chez les espèces à multiples couvées (Kelleher et O'Halloran, 2006). Par conséquent, ces résultats pourraient s'expliquer par les différents facteurs affectant le succès de la reproduction (Schmidt et Ostfeld, 2003).

La survie quotidienne des nids a été plus importante pendant le stade œuf que le stade oisillon chez de nombreux passereaux (McClure, 1942 ; Harris *et al.*, 1963 ; Best, 1980). Deux causes pourraient expliquer ce résultat. D'une part, l'augmentation de l'activité parentale durant la phase oisillon affecte le succès durant cette phase, autrement dit le nombre élevé des visites des parents aux nids, pour alimenter leur progéniture, augmente la probabilité de détection des nids par les prédateurs (Skutch, 1949 ; Martin, 1996 ; Martin *et al.*, 2000), c'est la raison pour laquelle les espèces qui sont sous une forte pression de prédation montrent généralement des activités parentales réduites (Martin et Ghalambor, 1999 ; Conway et Martin, 2000 ; Martin *et al.*, 2000).

D'autre part, le bruit croissant des oisillons est un autre facteur qui peut agir négativement sur la survie des nichées durant la période d'élevage chez les deux modèles d'étude. En effet, les nids de ces deux fringillidés sont bien dissimulés par le feuillage des arbres, mais le bruit des oisillons eux-mêmes peut attirer certains types de prédateurs qui utilisent des signaux acoustiques, chimiques et olfactifs pour la découverte des nids ce qui augmente la probabilité d'échecs durant la phase d'élevage.

En contraste, de Forest et Gaston (1996) ont obtenu un taux élevé d'échec pendant la phase d'incubation avec une plus forte perte des œufs chez les individus naturellement tardifs et / ou expérimentalement « retardés ». Ce phénomène a été observé chez d'autres passereaux. En fait, certains auteurs ont attribué le taux élevé de mortalité au stade œuf par rapport au stade poussin à de nombreux facteurs comme : a) les adultes protègent généralement les jeunes plutôt que les œufs (Andersson *et al.*, 1980) ; b) les œufs blancs et tachetés sont beaucoup plus visibles aux prédateurs que les oisillons qui ont des couleurs moins visibles (McClure, 1942 ; Knupp *et al.*, 1977) ; c) d'autres facteurs de mortalité comme l'infertilité et la mort embryonnaire affectent uniquement l'état d'œuf, et l'abandon des nids se produit beaucoup plus souvent avant l'éclosion (Gil-Delgado et Catala, 1989 ; Gil-Delgado *et al.*, 1991 ; Belda *et al.*, 1995 ; Bensouilah *et al.*,

2014) ; d) les nids les plus vulnérables à la prédation sont très susceptibles d'être trouvés et détruits par des prédateurs au début du cycle de nidification. Par conséquent, ceux qui survivent jusqu'à la période d'élevage sont plus susceptibles de passer inaperçus et ne seront pas détectés par les prédateurs (Nolan, 1978 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

## 7. Facteurs influant le succès de reproduction

### 7.1. Date de ponte

En accord avec les études précédentes (Gil-Delgado et Catala, 1989 ; Gil-Delgado *et al.*, 1991 ; Belda *et al.*, 1995 ; Verhulst et Nilsson, 2008), nous avons enregistré un déclin saisonnier du succès reproducteur. Une manipulation expérimentale de la phénologie de ponte confirme le lien direct entre un retard de la reproduction, un fort échec à l'éclosion et une faible motivation à maintenir les soins parentaux pendant l'élevage des jeunes poussins (Goutte *et al.*, 2010). Ce déclin saisonnier du succès reproducteur découle de différents facteurs. Chez les couples nicheurs précoces, le succès reproducteur est presque constant, ce qui supporte l'hypothèse de la qualité individuelle (Verhulst et Nilsson, 2008 ; Goutte, 2010). Par exemple, Goutte *et al.* (2010) ont montré chez les pétrels des neiges, que les très jeunes et les très vieux pétrels se reproduisent plus tard et présentent une forte probabilité d'échec pendant la phase d'incubation. En plus, les résultats de Goutte *et al.* (2010) ne confortent pas l'hypothèse d'optimisation individuelle proposée par Drent (2006), selon laquelle chaque couple déciderait la date de ponte optimale en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques et de son environnement.

En général, la plupart des composantes du succès reproducteur, tel le nombre d'œufs pondus, la viabilité des jeunes ou la probabilité qu'ils deviennent eux-mêmes des adultes reproducteurs, varient également selon le moment de la nidification. Le plus souvent, les parents qui nichent tôt obtiennent un meilleur succès reproducteur que les parents tardifs (Perrins, 1970 ; Daan *et al.*, 1989 ; Gil-Delgado et Catala, 1989 ; Gil-Delgado *et al.*, 1991 ; Belda *et al.*, 1995 ; Verhulst *et al.*, 1995 ; Perrins, 1996 ; Verhulst et Nilsson, 2008). La taille de la couvée est certainement l'une des composantes qui a reçu le plus d'attention dans la littérature. L'effet du déclin saisonnier du nombre d'œufs pondus a été relaté par une vaste majorité des études (Klomp, 1970 ; Perrins, 1970 ; Daan *et al.*, 1990 ; Verhulst et Tinbergen, 1991 ; Belda *et al.*, 1995 ; Verhulst *et al.*, 1995 ; Gil-Delgado *et al.*, 2005).

Toutefois, les individus en bonne condition réussissent généralement à nicher plus tôt et à pondre plus d'œufs (Daan *et al.*, 1989 ; Verhulst et Tinbergen, 1991 ; Verhulst *et al.*, 1995 ; Verhulst et Nilsson, 2008 ; Goutte, 2010). Les couples qui se reproduisent en fin de saison sont généralement plus jeunes et moins expérimentés (Sæther, 1990 ; Hatchwell, 1991 ; Brinkhof *et al.*, 1993 ; Angelier *et al.*, 2007 ; Goutte *et al.*, 2010).

Une autre hypothèse suggère que le déclin saisonnier du succès de reproduction est relatif aux différents facteurs liés aux dates de pontes tels que l'évolution des conditions environnementales (Gil-Delgado et Catala, 1989 ; Hatchwell, 1991 ; Moreno 1998).

## 7.2. Conditions météorologiques

Le succès de la reproduction de certaines espèces a souvent été associé aux conditions météorologiques, en particulier à l'ampleur des précipitations (Bryant *et al.*, 1978 ; Mearns et Newton, 1988 ; Torok et Toth, 1988 ; Bradley *et al.*, 1997 ; Takagi, 2001 ; Antczak *et al.*, 2004 ; Golawski, 2006 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

Anctil *et al.*, (2013) ont réalisé une expérience à l'aide des nichoirs offrant une protection directe contre les intempéries, et ont démontré que plus d'un tiers de la mortalité des jeunes était attribuable aux effets directs de la pluie. Ces derniers auteurs ont montré que le nombre de jours de fortes précipitations ( $\geq 8$  mm par jour) au cours de la période d'élevage était le plus fortement corrélé à la mortalité des jeunes, et non à la quantité totale de précipitations.

Torok et Toth (1988) ont trouvé que les valeurs élevées de précipitations affectent directement l'abandon des nids à la phase de construction, l'abandon des œufs et parfois les fortes pluies étaient la cause principale de la mort des juvéniles chez le Gobemouche à collier. En plus, ils ont montré que les précipitations affectent négativement le succès à l'envol et le succès de la reproduction.

Par conséquent, le déclin de la productivité observé dans la population du Verdier d'Europe pourrait être en partie lié à des changements dans le régime des précipitations et des températures au cours de la saison (Torok et Toth, 1988 ; Takagi, 2001 ; Antczak *et al.*, 2004 ; Golawski, 2006 ; Anctil *et al.*, 2013 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

### 7.3. Disponibilité en nourriture

Parmi les plus importants éléments identifiés comme cause immédiate du déclin saisonnier du succès des jeunes, on retrouve le déclin saisonnier de la disponibilité de la nourriture (Bryant *et al.*, 1978 ; Eriksson, 1978 ; Verhulst et Tinbergen, 1991). En théorie, les oiseaux devraient ajuster le moment de la croissance des jeunes, alors que la demande en nourriture est la plus forte, avec le pic de disponibilité de nourriture. Selon ce scénario, les nichées tardifs auraient une éclosion qui surviendrait après le pic d'abondance de nourriture et auraient donc accès à moins de ressources que les individus hâtifs (Daan *et al.*, 1989).

Une différence saisonnière dans les risques de prédation, surtout chez les espèces semi coloniales, pourrait aussi expliquer une partie de la variation de survie des jeunes. Ainsi, une différence entre la qualité des parents hâtifs et tardifs peut aussi être en cause (Sæther, 1990 ; Brinkhof *et al.*, 1993 ; Verhulst *et al.*, 1995). Si les parents qui réussissent à nicher tôt sont des individus de meilleure qualité (Drent et Daan, 1980 ; Sæther, 1990), il est probable qu'ils soient aussi plus efficaces dans les soins qu'ils apportent à leurs jeunes, soit par un meilleur apport en nourriture ou une protection accrue contre les prédateurs.

Le succès de reproduction des fringillidés nichant dans la région de Guelma semble également influencé par la disponibilité des ressources alimentaires. À Guelma, le taux d'occupation (densité des couples reproducteurs), la taille des couvées et la productivité sont maximales dans le néflier du Japon. Ce résultat peut s'expliquer par deux points de vue. La forte disponibilité alimentaire permet sans doute aux femelles de dépenser leur énergie à la formation des œufs et par conséquent produire des grandes pontes (Torok et Toth, 1988).

D'autre part, les fringillidés comme le Verdier d'Europe peuvent profiter directement des fortes abondances de pucerons, de petits insectes, des bulbes (spécifiquement, l'oxalis des Bermudes, encore appelé oxalis pied de chèvre), les graines et les feuilles en les incluant dans le régime alimentaire des oisillons (Newton, 1967, 1972 ; Cramp et Perrins, 1994 ; Gil-Delgado *et al.*, 2009).

#### 7.4. Densité des couples nicheurs

D'après Alatalo et Lundberg (1984) la densité des couples nicheurs n'a pas d'influence sur le succès à l'éclosion mais elle influe négativement sur le nombre des jeunes à l'envol. D'autres études ont montré que la densité influe négativement sur la grandeur de ponte, le succès à l'éclosion, le succès à l'envol et le succès de la reproduction (Alatalo *et al.*, 1985 ; Torok et Toth, 1988). Au contraire, d'autres travaux n'ont pas trouvé de véritable effet de la densité des couples nicheurs (Slagsvold, 1975 ; Torok et Toth, 1987).

Les densités enregistrées pour les deux espèces sont considérées comme très élevées par rapport aux autres populations européennes. Pour le Verdier d'Europe, la densité des nids enregistrée est plus importante dans le verger du néflier du Japon par rapport aux orangers et oliviers dans la région d'étude.

En comparant avec d'autres études, la densité des couples du Verdier d'Europe rapporté par la présente étude est très importante que celle de Kosinski (2001a) dans les milieux urbains (5.4 couples/10h), de Koudri (2013) dans les forêts (2.73 couples/10h), ainsi que celles signalées par Santos (2000) et Boitier (2004). Certainement, la présence des haies entourant les vergers (Stoate *et al.*, 1998 ; Macleod *et al.*, 2004 ; Amy *et al.*, 2013 ; Chevallier *et al.*, 2013), l'intense végétation herbacée (Stoate et Szczur, 1994) et les grandes parcelles des cultures céréalières (Hanane et Baamal, 2011) sont des facteurs qui ont une influence non négligeable sur la densité des couples nicheurs chez plusieurs passereaux.

#### 7.5. Prédation

La prédation est l'un des facteurs déterminant de l'adéquation adaptative (*fitness*) chez les oiseaux (Martin, 1993), elle exerce une forte pression sélective affectant les traits d'histoire de vie des oiseaux comme le nombre de couvées réalisées par an chez les espèces à multiples couvées (Skutch, 1949 ; Martin, 1995), le volume, la structure et la dissimulation des nids (Collias et Collias, 1984 ; Lopez-Iborra *et al.*, 2004 ; Eggers *et al.*, 2006), le volume des œufs (Massaro *et al.*, 2008 ; Peluc *et al.*, 2008), la grandeur de ponte (Perrins, 1977 ; Ricklefs, 1977 ; Slagsvold, 1982 ; Lundberg, 1985 ; Martin, 1993, 1995 ; Yanes et Suarez, 1997 ; Eggers *et al.*, 2006), l'activité parentale (Skutch, 1949 ; Eggers *et al.*, 2005) et la durée d'élevage des poussins

(Martin, 1993, 1995 ; Yanes et Suarez, 1997). La prédation est l'une des principales causes d'échec de la reproduction chez de nombreux passereaux (Lack, 1954 ; Ricklefs, 1969 ; Nilsson, 1984 ; Martin et Roper, 1988 ; Holway, 1991 ; Martin, 1992, 1993 ; Filliater *et al.*, 1994 ; Newton, 1998 ; Hatchwell *et al.*, 1999 ; Mezquida et Marone, 2001 ; Lambert et Kleindorfer, 2006 ; Rodríguez et Moreno, 2008 ; Bensouilah *et al.*, 2014). En réponse à des taux élevés de prédation les couples nicheurs devraient réduire leurs efforts (Skutch, 1949 ; Cody, 1966 ; Milinov, 1989 ; Fontaine et Martin, 2006 ; Martin *et al.*, 2006), ou augmenter leur investissements dans la protection de leur progéniture (Barash, 1975 ; Andersson *et al.*, 1980).

Le taux de prédation varie significativement avec le type, la diversité et la densité des prédateurs (Sæther, 1996 ; Penloup *et al.*, 1997 ; Schmidt, 1999 ; Chalfoun *et al.*, 2002a et b ; Schmidt et Ostfeld, 2003 ; Schmidt *et al.*, 2006) ce qui pourrait expliquer les différences de taux de prédation enregistré chez les deux fringillidés entre les deux années d'étude et entre les habitats. En effet, la variation spatiale et temporelle des activités des prédateurs affecte largement le succès de reproduction chez les passereaux (Cain *et al.*, 2006 ; Sperry *et al.*, 2008). Bien que le comportement des couples nicheurs puisse réduire le taux de prédation (Remes, 2005a), c'est le cas également du choix du micro habitat des nids (Yanes et Onate, 1996 ; Yanes *et al.*, 1996 ; Penloup *et al.*, 1997 ; Mezquida et Marone, 2002), certains auteurs ont conclu que la prédation est un phénomène aléatoire (Filliater *et al.*, 1994 ; Wilson et Cooper, 1998a ; Schmidt et Whelan, 1999).

Certains prédateurs ont une grande mémoire spatiale et temporelle et ils peuvent se rappeler l'emplacement d'un nid observé lors de la phase de construction et revenir plus tard pour se nourrir de proies contenu dans le nid (Davies *et al.*, 2003 ; Clayton et Dickinson, 1998). Les parents doivent être vigilants à ce risque lors de la construction du nid d'une manière qui va minimiser les risques de prédation (Verboven et Tinbergen, 2002 ; Davies *et al.*, 2003 ; Eggers *et al.*, 2006). En fait, ces causes expliquent l'abandon des nids à la phase de construction par les deux fringillidés de notre étude. Ce phénomène est observé aussi chez le Pigeon paon (Campbell, 1900 ; Higgins *et al.*, 2006), la Paruline des prés (Nolan, 1978), la Rousserolle effarvate (Davies *et al.*, 2003) et le Rhipidure gris (Berger-Tal *et al.*, 2010). En plus, les conditions météorologiques défavorables sont considéré comme des raisons probables qui peuvent agir sur l'abandon des nids (Torok et Toth, 1988 ; Cramp et Perrins, 1994).

Selon l'hypothèse de la dissimulation des nids, les nids qui sont plus cachés devraient être moins vulnérables à la prédation (Ricklefs, 1969 ; Lazo et Anabalon, 1991 ; Filliater *et al.*, 1994 ; Cresswell, 1997 ; Kleindorfer *et al.*, 2003, 2005). Toutefois, l'importance de cette hypothèse peut varier entre les phases de nidification (incubation et élevage), étant donné que les œufs et les oisillons émettent des signaux différents qui peuvent être utilisés par les prédateurs pour la détection d'un nid (Remes, 2005b).

Certaines études ont montré l'effet de la dissimulation des nids sur le taux de prédation des nids (Hatchwell *et al.*, 1996 ; Cresswell, 1997 ; Flaspöhler, 2000 ; Martin *et al.*, 2000 ; Weidinger, 2002, 2004 ; Remes, 2005a ; Lambert et Kleindorfer, 2006), tandis que d'autres ne trouvent aucune relation (Nias, 1986 ; Holway, 1991 ; Gotmark *et al.*, 1995 ; Meilvang *et al.*, 1997 ; Boulton et Clarke, 2003). La couverture au-dessus du nid est importante pour protéger les nids contre les prédateurs aviens (Martin, 1993 ; Santisteban *et al.*, 2002 ; Remes, 2005a ; Lambert et Kleindorfer, 2006), tandis que la couverture au-dessous peut être importante pour protéger le nid contre les serpents (Kleindorfer *et al.*, 2003). Mais avec le cas des prédateurs qui utilisent les signaux olfactifs (reptiles, nocturnes et mammifères) (Rangen *et al.*, 1999), la dissimulation peut ne pas protéger le nid (Howlett et Stutchbury, 1996 ; Burhans et Thompson, 1998 ; Braden, 1999 ; Rangen *et al.*, 1999 ; Remes, 2005a). Ainsi, l'effet de dissimulation du nid comme une stratégie anti-prédateur dépendra du mode sensoriel des prédateurs (Colombelli-Negrel et Kleindorfer, 2009).

Plusieurs chercheurs ont constaté que la prédation des nids était plus élevée pendant la phase d'élevage des poussins et ont attribué ces pertes aux fréquences élevées des activités parentales et au début des activités de poussins, deux facteurs qui pourraient rendre le nid plus visibles aux prédateurs (Skutch, 1949 ; Redondo et Castro, 1992 ; Boulton *et al.*, 2003). Cependant, quelques études ont montré que la prédation des nids est plus élevée pendant la phase d'incubation (Roseberry et Klimstra, 1970 ; Andersson *et al.*, 1980 ; Best et Stauffer, 1980).

En général, dans la présente étude, la prédation des nids est plus élevée au cours de la phase d'incubation que dans la phase d'élevage. C'est le cas également chez le Méliphage de Nouvelle-Hollande (*Phylidonyris novaehollandiae*) (Lambert et Kleindorfer, 2006) et le Méridon superbe (*Malurus cyaneus*) (Colombelli-Negrel et Kleindorfer, 2009) en Australie. Ces résultats

sont en accord avec ceux des mono incubateurs, ces espèces ont généralement subi un taux élevé de prédation pendant la phase d'incubation (Knupp *et al.*, 1977 ; Martin *et al.*, 2000 ; Mezquida et Marone, 2001 ; Kelleher et O'Halloran, 2006). En effet, ces résultats pourraient s'expliquer par le camouflage des nids. Les nids qui ont été bien cachés avaient généralement un taux de prédation plus faible et les prédateurs qui utilisent des signaux visuels ont été détectés seulement aux nids exposés (Nolan, 1978 ; Colombelli-Negrel et Kleindorfer, 2009).

## 8. Emplacement des nids

La hauteur moyenne des nids enregistrés, bien qu'elle reste relativement élevée par rapport à celle mentionnée par Kouidri (2013) dans un milieu forestier à une région de l'atlas saharien en Algérie avec une moyenne de 1.88 m, est basse comparativement à celle rapportée par Kosinski (2001a, 2001b) qui a obtenu des hauteurs comprises entre 1.35 et 13 m avec une moyenne de 3.08 m dans un milieu urbain en Pologne. Selon ce dernier auteur, 94% des nids sont situés entre 2 et 4 m d'hauteur. Ce type de comportement pourrait être une adaptation aux hauteurs des arbres disponibles pour la nidification car la hauteur de l'arbre est un facteur important qui influe sur la hauteur du nid. Plusieurs chercheurs ont trouvé que la hauteur des nids est positivement corrélée avec celle des arbres chez de nombreuses espèces (Ludvig *et al.*, 1995 ; Wilson et Cooper, 1998a ; Tryjanowaki *et al.*, 1999 ; Kosiński, 2001a, 2001b ; Marques *et al.*, 2002 ; Wysocki, 2005 ; Lomascolo *et al.*, 2010 ; Hanane, 2012, 2014a ; Lislevand, 2012 ; Taberner *et al.*, 2012 ; Bensouilah *et al.*, 2014 ; Brahmia *et al.*, 2015 ; Kafi *et al.*, 2015). En plus, la hauteur des nids ne varie pas avec la progression de la saison, ce résultat pourrait être relatif au type d'habitat. En effet, les vergers agricoles ont un environnement moins varié que les forêts (Sockman, 1997, 2000 ; Wilson et Cooper, 1998a ; Lomascolo *et al.*, 2010 ; Hoire et Takagi, 2012 ; Lislevand, 2012 ; Kouidri, 2013) et les milieux urbains (Ludvig *et al.*, 1995 ; Kosiński, 2001a, 2001b ; Wysocki, 2005) et c'est évident que les arbres dans un même verger ont une distribution uniforme et ont le même âge (Hanane et Baamal, 2011 ; Hanane, 2012, 2014a ; Taberner *et al.*, 2012 ; Bensouilah *et al.*, 2014 ; Brahmia *et al.*, 2015 ; Kafi *et al.*, 2015). Par conséquent les oiseaux qui occupent ces types d'habitats ont peu de chance pour varier leurs emplacements des nids avec la progression de la saison. Ainsi, nous avons prévu que les caractéristiques d'emplacement des nids ne varient pas significativement durant la saison de reproduction.

La position relative verticale des nids varie considérablement entre les deux espèces, le Verdier d'Europe préfère la partie supérieure de la frondaison tandis que le Serin cini choisit la partie inférieure, mais la position horizontale est presque similaire chez ces deux fringillidés qui installent leurs nids à mi-distance entre le tronc et la périphérie des branches.

Ce type de comportement est observé aussi chez de nombreux passereaux comme les Tourterelles des bois et maillées (Boukhriss et Selmi, 2009 ; Hanane *et al.*, 2011 ; Brahmia *et al.*, 2015 ; Kafi *et al.*, 2015), la Linotte mélodieuse et le Roselin du désert (Khoury *et al.*, 2009). Ce comportement pourrait être interprété comme une adéquation adaptative visant à minimiser le risque d'échec dû aux conditions météorologiques rigoureuses d'une part, et d'autre part pour échapper au risque de prédation de la progéniture notamment par les prédateurs aériens (Murphy, 1983 ; Alonso *et al.*, 1991 ; Khoury *et al.*, 2009 ; Bensouilah *et al.*, 2014).

La position des nids peut influencer sur le taux de prédation (Caccamise, 1977 ; Martin et Roper, 1988 ; Martin, 1988, 1995 ; Kelly, 1993 ; Yanes *et al.*, 1996 ; Clark et Shutler, 1999). Cependant, la disponibilité des lieux de nidification et le risque de prédation sont les deux caractéristiques principales qui limitent le choix de l'installation des nids (Clark et Shutler, 1999). Par conséquent, la sélection d'un site spécifique peut augmenter la probabilité de succès de reproduction (Martin et Roper, 1988 ; Martin, 1993). En effet, Murphy (1983) et Alonso *et al.*, (1991) ont montré que les nids qui ont des positions relatives verticales et horizontales intermédiaires dans la canopée des arbres ont un succès de reproduction élevé. D'autres ont montré que le succès de reproduction est corrélé négativement avec la hauteur des nids (Lack et Lack, 1958 ; Riehm, 1970 ; Gaston, 1973 ; Hatchwell *et al.*, 1999). Cependant, d'autres études ont constaté qu'il n'existe aucune relation entre la position du nid et le succès de la reproduction (Filliater *et al.*, 1994 ; Howlett et Stutchbury, 1996 ; Meilvang *et al.*, 1997 ; Farnsworth et Simons, 1999 ; Sockman, 2000 ; Mezquida et Marone, 2002 ; Mezquida, 2004 ; Rodríguez et Moreno, 2008 ; Hanane et Baamal, 2011 ; Bensouilah *et al.*, 2014), ce qui suggère que d'autres facteurs peuvent influencer le succès de nidification tels que la densité (Hatchwell, 1991 ; Meilvang *et al.*, 1997) et la dissimulation des nids (Hatchwell *et al.*, 1996).

# **Conclusion**

L'étude de l'avifaune de la région de Guelma a permis de caractériser le peuplement avien, en ce qui concerne sa structure et sa composition. En effet, l'avifaune de notre région d'étude est composée de 91 espèces structurées en 30 familles, dominées par les Turdidae, Accipitridae, Columbidae, Motacillidae, Sylviidae et des Fringillidae.

De point de vue répartition, les espèces partagent les différents habitats échantillonnés dans la région d'étude selon leurs affinités écologiques. Cette avifaune montre un taux élevé de sédentarité et nous avons recensé 47 espèces sédentaires, qui représentent 52.2% du peuplement. Ces dernières ont trouvé les facteurs optimaux pour coloniser la région. C'est le cas notamment de la Tourterelle turque qui a montré récemment une importante expansion naturelle.

Notre région révèle une richesse biogéographique considérable. Les espèces recensées sont subdivisées en 13 types fauniques selon la nomenclature de Voous (1960). Les plus importantes sont les espèces du Paléarctique, qui représentent 28.9% du total de l'avifaune recensée.

Les deux fringillidés étudiés présentent des comportements reproductifs particuliers avec des densités très importantes par rapport à leurs congénères nord-africains et européens et même par rapport à d'autres espèces nicheuses dans les mêmes habitats de la région ; le cas des Tourterelles des bois et maillées (*Brahmia et al.*, 2015), le Merle noir (*Zeraoula et al.*, 2015) et à d'autres espèces nicheuses dans différents habitats en Algérie comme la Linotte mélodieuse, le Roselin githagine et le Verdier d'Europe (Kouidri, 2013), le Merle noir et l'Agrobate roux (Adamou, 2011). Cependant, le choix de l'habitat de nidification est soumis à une forte sélection par les deux espèces. Dans le néflier du Japon, la densité des couples nicheurs a été très élevée par rapport aux autres vergers chez les deux espèces.

Le Verdier d'Europe montre une grande plasticité en ce qui concerne le choix du micro habitat. En fait, les couples nicheurs de cette espèce ont ajusté l'emplacement de leurs nids avec le type et l'âge des arbres. Dans les détails, la hauteur des nids est positivement corrélée avec la hauteur des arbres dans les différents types d'habitats. L'emplacement vertical des nids est toujours situé en moitié supérieure de la frondaison et le positionnement horizontal est presque à mi-distance entre le tronc et la périphérie des arbres. En plus, ces caractéristiques d'emplacement des nids sont constantes et ne montrent aucune variation significative avec la progression de la saison sur les deux années de suivi.

Une autre caractéristique très importante d'emplacement des nids chez le Verdier d'Europe est la structure et la dissimulation des nids, la majorité des nids ne dépassent pas 12.6 cm de diamètre et 4.64 cm de profondeur et la plupart de ces nids sont bien camouflés par le feuillage des arbres dans les trois types d'habitat. Sans doute, ce comportement est adopté par l'espèce afin de minimiser le taux d'échec sous l'influence des prédateurs et des intempéries. En effet, le camouflage des nids protège la progéniture de ce fringillidé contre les différents types de prédateurs présents dans la région d'étude notamment ceux qui utilisent des signaux visuels et olfactifs pour la détection des nids. D'autre part, le camouflage peut jouer un rôle non négligeable dans la protection des nids contre les intempéries principalement lors des fortes chutes de précipitation. Ce type de comportement est noté également chez le Serin cini.

En ce qui concerne la phénologie de reproduction, le Serin cini commence la ponte avant le Verdier d'Europe. Les variations thermiques printanières ont affecté le début de la ponte chez les deux espèces mais le Serin cini ne semble pas influencé par les variations des précipitations. En revanche, le Verdier d'Europe tend à ajuster les dates de ponte de chaque année avec la disponibilité de nourriture, l'augmentation des températures moyennes et la diminution des précipitations. Ce type de stratégie adaptative est observé aussi chez de nombreux passereaux (Crick *et al.*, 1997 ; Dunn et Winkler, 2010). Pour les deux espèces, les dates et la période de ponte sont comparables à celles signalées dans les régions nord-africaines et européennes.

Les grandeurs de ponte enregistrées sont comparables avec celles des populations nord-africaines et européennes, mais elles sont relativement faibles pour le Verdier d'Europe, un paramètre déjà signalé par plusieurs auteurs pour la population nord-africaine, ce qui supporte l'hypothèse de la diminution de la grandeur de ponte avec la latitude. Dans la présente étude, le Serin cini a une grandeur de ponte maximale qui diminue constamment avec la progression de la saison, alors que le Verdier d'Europe commence avec des grandeurs qui augmentent habituellement pour atteindre un pic en mi-saison, puis diminuent progressivement jusqu'à la fin de la saison de reproduction. Ce comportement est largement observé chez les passereaux et il caractérise les espèces à unique nichée et celle à multiple nichée respectivement (Crick *et al.*, 1993).

Les durées d'incubation et d'élevage semblent diminuées dans les nichées tardives. Elles sont corrélées négativement avec les dates de ponte chez le Verdier d'Europe. La durée

d'incubation est largement influencée négativement par la température moyenne et positivement par les précipitations. En outre, la durée d'élevage est positivement corrélée avec le nombre d'oisillons. Ce type de comportement n'est pas observé chez le Serin cini. On note également que la durée d'incubation chez le Serin cini est significativement plus grande que celle chez le Verdier d'Europe, mais la période d'élevage est inférieure.

Le succès à l'éclosion, le succès à l'envol et le succès à la reproduction chez le Serin cini sont plus grands que chez le Verdier d'Europe. Chez les deux fringillidés, le succès à l'éclosion, le succès à l'envol et le succès de la reproduction sont relativement importants par rapport à leurs congénères nord-africains et européens. Les résultats de la présente étude montre une disparité du succès de reproduction entre les deux espèces qui peut être attribuable principalement aux différences enregistrées dans les taux de survie quotidiennes des nichées. En effet, il semble probable que les différences de variations inter et intra saisonnières sont en relation étroite avec certains facteurs affectant la réussite de la reproduction tels que la capacité des deux espèces à acquérir des ressources alimentaires durant la saison de reproduction, l'aptitude et l'adaptation de chaque espèce aux conditions météorologiques dans les mêmes sites et la diversité spatiale et temporelle des prédateurs présents dans la région d'étude et leurs différentes méthodes utilisées (adaptées) pour la détection des nids (Schmidt et Ostfeld 2003). Apparemment, la période de reproduction faiblement coïncidente et les différences des grandeurs de ponte enregistrées entre les deux modèles d'étude peuvent être l'une des raisons de leurs contrastes dans les taux de survie quotidiennes des nichées et celle de la productivité. En plus, les différences de localisation des nids dans les arbres entre les deux espèces supportent leurs différences de succès de reproduction (Alonso et *al.*, 1991).

Parmi les autres comportements d'adaptation utilisés par ces deux fringillidés on note le phénomène d'abandon des nids lors de la phase de construction et celui à cause des pertes partielles des œufs. En fait, afin de minimiser et de limiter l'énergie dépensée sur des nichées apparemment non réussites les individus adoptent ce type de stratégies pour reconstruire un nouveau nid avec succès et assurer la production du maximum de leurs progénitures.

L'analyse des données de la biologie et l'écologie de reproduction a montré que les traits d'histoire de vie de ces deux fringillidés très proches philo génétiquement sont totalement différents notamment le début et la durée de la saison de reproduction, la grandeur de ponte et les caractéristiques des œufs, les périodes d'incubation et d'élevage, la croissance des oisillons, le succès de la reproduction, la densité des couples nicheurs et l'emplacement

des nids à l'intérieur des arbres. En outre, la qualité des habitats de la région de Guelma semblent influencer les traits d'histoire de vie des deux espèces qui présentent certains comportements similaires à leurs congénères des autres populations régionales (nord-africaine et européenne).

La présente étude réalisée sur la région de Guelma, a permis de caractériser l'avifaune, sa structure et sa position biogéographique, ainsi que les traits d'histoire de vie de deux populations nicheuses dans leurs extrêmes limites sud de répartition. Par ailleurs, des suivis plus détaillés, touchant à d'autres aspects (modalité d'occupation des habitats, niche écologique et régime alimentaire) en plus d'un inventaire sur une longue période, devront être réalisés pour mieux caractériser cette remarquable diversité et pour bien définir les stratégies adaptatives de différentes espèces. En outre, des avancées seraient souhaitables dans le domaine de l'avifaune forestière pour mieux connaître la biologie des oiseaux qui y demeurent méconnu et développer des méthodes et des techniques de dénombrement pour estimer la densité des populations.

Il s'avère tout à fait pertinent et important d'étudier l'abondance de la nourriture et la relation probable entre leur amplitude avec le déclenchement et la fin de la saison de reproduction. A long terme, nous recommandons la poursuite de l'étude sur l'évaluation de l'effet des conditions climatiques sur les paramètres de la reproduction chez le Verdier d'Europe et le Serin cini.

La présente étude montre la grande capacité du Verdier d'Europe à construire ses nids dans différentes conditions et ses aptitudes à adapter la localisation de ses nids pour résister aux conditions environnementales. En effet, malgré l'échec pour prouver une quelconque relation entre les paramètres de position des nids et le succès de la reproduction, l'emplacement des nids peut représenter un compromis entre le risque de d'échec à cause de prédation d'une part et des conditions météorologiques extrêmes d'autre part. Par conséquent, cette espèce montre une plasticité comportementale adaptative en ce qui concerne la localisation des nids et semble bien adaptée aux conditions des vergers agricoles de notre région. Cette forte adaptabilité est favorable à la préservation de la présence de ce fringillidé dans ces paysages agricoles hautement fréquentés par l'homme. En outre, nous supposant que l'utilisation de différentes catégories d'âge des vergers d'oranges et l'utilisation de différents habitats pour la reproduction est considérée comme un type de plasticité écologique chez les deux fringillidés. La plasticité du Verdier concernant l'emplacement des nids et l'utilisation

de différents âges d'oranger pour la nidification est donc favorable pour cette espèce et contribuerait à sa conservation dans cette région agricole. D'autres études, plus détaillées, sur les caractéristiques du choix des sites de nidification dans différents habitats et sur les variations des paramètres d'emplacement des nids sont primordiales pour améliorer notre compréhension sur le processus influençant le choix de l'emplacement des nids par les deux espèces dans les paysages agricoles.

# **Références bibliographiques**

## Références

- Adamou A. 2011. Biologie des populations des oiseaux dans les Aurès et les oasis septentrionales. Thèse Doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba.
- Afton A.D. 1979. Incubation temperatures of the Northern Shoveler. *Can. J. Zool.* 57:1052-1056.
- Afton A.D. 1980. Factors affecting incubation rhythms of Northern Shovelers. *Condor* 82: 132-137.
- Alatalo R., Carlson, A. & Lundberg, A. 1988. Nest cavity size and clutch size of pied flycatchers *Ficedula hypoleuca* breeding in natural holes. *Ornis Scandinavica* 19: 317-319.
- Alatalo R.V. & Lundberg, A. 1984. Density-dependence in breeding success of the pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). *Journal of Animal Ecology* 53: 969-977.
- Aliabadian M., Kaboli M., Prodon R., Nijman V. & Vences M. 2007. Phylogeny of Palaearctic wheatears (genus *Oenanthe*) Congruence between morphometric and molecular data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 42: 665–675.
- Alonso J.A., R. Muñoz-Pulido & L.M. Bautista. 1991. Nest-site selection and nesting success in the Azure-winged Magpie in Central Spain. *Bird Study* 38: 45-51.
- Amy M., Chevallier N., Eraud C. & Cabaret P. 2013. Impact des modes de gestion du bocage de l'Avesnois sur la communauté d'oiseaux nicheurs des haies. *Alauda* 81: 49-62.
- Andersson M., C. G. Wiklund, & H. Rundgren. 1980. Parental defence of offspring: a model and an example. *Animal Behaviour* 28: 536–542.

- Anderson MG., BJ. Gill, JV. Briskie, DH. Brunton & ME. Hauber. 2013. Latitudinal differences in the breeding phenology of Grey Warblers covary with the prevalence of parasitism by Shining Bronze-Cuckoos. *Emu* 113: 187–191.
- Angelier F., Weimerskirch, H., Dano, S. & Chastel, O. 2007. Age, experience and reproductive performance in a long-lived bird: a hormonal perspective. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61: 611-621.
- Antczak M., Hromada M., Grzybek J. & Tryjanowski P. 2004. Breeding biology of the Great Grey Shrike *Lanius excubitor* in W Poland. *Acta Ornithol.* 39: 9–14.
- Arnold T.W. 1993. Factors affecting egg viability and incubation time in prairie dabbling ducks. *Canadian Journal of Zoology* 71: 1146 - 1152.
- Auer S.K., R.D. Bassar J.J. Fontaine & T.E. Martin. 2007. Breeding biology of passerines in a subtropical montane forest in northwestern Argentina. *Condor* 109: 321–333.
- Bachelier F. 1978. La faune du sol son écologie et son action. Initiations et Documents Techniques 38, ORSTOM, Paris.
- Balanyá J., Oller J.M., Huey R.B., Gilchrist G.W. & Serra L. 2006. Global Genetic Change Tracks Global Climate Warming in *Drosophila subobscura*. *Science* 313: 1773-1775.
- Bagnouls F., & Gaussen H. 1957. Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie* 66: 193-220.
- Barash D.P. 1975. Evolutionary aspects of parental behavior: distraction behavior of the Alpine Accentor. *Wilson Bulletin* 87: 367–373.
- Barba E., Gil-Delgado J.A. & Monros J.S. 1995. The cost of being late: consequences of delaying great tit *Parus major* first clutches. *J. Anim. Ecol.* 64: 642–651.

- Barea L.P. 2008. Nest-site selection by the Painted Honeyeater (*Grantiella picta*), a mistletoe specialist. *Emu* 108: 213–220.
- Barrientos R., Barbosa A., Valera F. & Moreno E. 2007. Temperature but not rainfall influences timing of breeding in a desert bird, the trumpeter finch (*Bucanetes githagineus*). *J. Ornithol.* 148: 411–416.
- Barrientos R., Kvist L., Barbosa A., Lopez-Iborra G.M. & Moreno E. 2009a. Colonization patterns and genetic structure of peripheral populations of the Trumpeter finch (*Bucanetes githagineus*) from Northwest Africa, the Canary Islands and the Iberian Peninsula. *J. Biogeogr.* 36: 210–219.
- Barrientos R., Valera F., Barbosa A., Carrillo C.M., & Moreno E. 2009b. Plasticity of nest-site selection in the trumpeter finch: A comparison between two different habitats. *Acta Oecologica* 35: 499–506.
- Bearhop S., Fiedler W., Furness R.W., Votier S.C., Waldron S., Newton J., Bowen G.J., Berthold P. & Farnsworth K. 2005. Assortative Mating as a Mechanism for Rapid Evolution of a Migratory Divide. *Science* 310: 502-504.
- Belda E., Ferrandis P. & Gil-Delgado J.A. 1995. Clutch size variation and nest failure of the Serin *Serinus serinus* in orange groves. *Ardeola* 42: 1–10.
- Bell G. & Gonzalez A. 2009. Evolutionary rescue can prevent extinction following environmental change. *Ecology Letters* 12: 942–948.
- Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W. & Courchamp F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15: 365-377.
- Bellatrèche M. 1999. Approche bioécologique et biogéographique de l'Avifaune nicheuse du Djebel Babor (Algérie). *Ann. Rech. for. Algérie* 2: 51-67.

- Benmarce K. 2007. Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- Bensouilah T., H. Brahmia A. Zeraoula Z. Bouslama & M. Houhamdi. 2014. Breeding biology of the European Greenfinch *Chloris chloris* in the loquat orchards of Algeria (North Africa). *Zoology and ecology* 23: 199-207.
- Berteaux D., Reale D., McAdam A.G. & Boutin S. 2004. Keeping pace with fast climate change: Can Arctic life count on evolution? *Integrative and Comparative Biology* 44: 140–151.
- Best L.B. & Stauffer, L.D. 1980. Factors affecting nesting success in riparian bird communities. *Condor* 82: 149–158.
- Bibby C.J., Burgess N.D. & Hill D.A. 1992. *Bird Census Techniques* - British Trust for Ornithology, Royal Society for the Protection of Birds, London: 257 p.
- Birkhead T.R, & D.N. Nettiesbip. 1982. The adaptative significance of egg size and laying date in thick-billed murre *Uria lomvia*. *Ecology* 63: 300-306.
- Blondel J. 1965. Etude des populations d'oiseaux dans une Garrigue méditerranéenne : Description du milieu. De la méthode de travail et exposé des premiers résultats obtenus à la période de reproduction. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 19: 311 - 341.
- Blondel J. 1969 a. Méthode de dénombrement des populations d'oiseaux, pp. 97 - 191 cité par LAMOTTE M. et BOURLIERE F., problèmes d'écologie. Ed. Masson et Cie., Paris, 303 p.
- Blondel J. 1969 b. Synécologie des passereaux résidents et migrateurs dans le Midi méditerranéen français. Ed. Delachaux et Niestlé, Marseille, 239 p.

- Blondel J. 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. I. la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.). Rev. Ecol. (Terre et Vie) 29 : 533-589.
- Blondel J. 1979. Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
- Blondel J. 1986. Biogéographie évolutive. Ed. Masson, Paris, 221 p.
- Blondel J. 1990. Biogéographie évolutive à différentes échelles: l'histoire des avifaunes méditerranéennes. Acta 19, Congressus internationalis ornithologici 1: 155-188.
- Blondel J. & Huc R. 1978. Atlas des oiseaux nicheurs de France et biogéographie écologique. Alauda 46: 107-129.
- Blondel J., Ferry C. & Frochot B. 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (I. P. A.) ou des relevés d'avifaune par 'station d'écoute'. Alauda 38: 55-71.
- Blondel J., Ferry C. & Frochot B. 1973. Avifaune et végétation, essai d'analyse de la diversité. Alauda 41: 63 - 84.
- Blondel J., Ferry C. & Frochot B. 1981. Point count with unlimited distance. Studies in Avian Biology 6: 414-420.
- Blondel J., David P., Lepart J. & Romane F. 1978. L'avifaune du Mont Ventoux, essai de synthèse biogéographique et écologique. Rev. Ecol. (Terre et Vie) 32: 111 - 145.
- Blumel H. 1983. Der Grünling (The green compact). Die Neue Brehm-Bücherei. A. Ziemsen Verlag. Wittenberg Lutherstadt.
- Both C. & te Marvelde L. 2007. Climate change and timing of avian breeding and migration throughout Europe. Climate Research 35: 93-105.

- Both C. & Visser M.E. 2001. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411: 296–298.
- Both C. & Visser M.E. 2005. The effect of climate change on the correlation between avian life-history traits. *Global Change Biology* 11: 1606–1613.
- Both C., Artemyev A.V., Blaauw B., et al. 2004. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 271: 1657–1662.
- Both C., Piersma T., & Roodbergen S.P. 2005. Climatic change explains much of the 20th century advance in laying date of northern lapwing *Vanellus vanellus* in The Netherlands. *Ardea* 93: 79–88.
- Both C., Bouwhuis S., Lessells C.M., & Visser M.E. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441: 81–83.
- Both C., van Asch M., Bijlsma R.G., et al. 2009. Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: constraints or adaptations? *Journal of Animal Ecology* 78: 73–83.
- Boulton R.L. & Clarke M.F. 2003. Do yellow-faced honeyeater (*Lichenostomus chrysops*) nests experience higher predation at forest edges? *Wildlife Res.* 30: 119–125.
- Boulton R.L., Cassey, P., Schipper, C. & Clarke, M.F. 2003. Nest site selection by Yellow-faced Honeyeaters *Lichenostomu schrysops*. *J.Avian Biol.* 34: 267–274.
- Bourque J. 2005. Déterminants comportementaux de la répartition spatiale des oiseaux dans les Forêts fragmentées. Thèse PhD. Université de Laval, Québec, 147p.
- Boutin S. 1990. Food supplementation experiments with terrestrial vertebrates: patterns, problems, and the future. *Canadian Journal of Zoology* 68: 203–220.

- Bradbury R.B., Kyrkos, A., Morris, A.J., Clark, S.C., Perkins, A.J. & Wilson, J.D. 2000. Habitat associations and breeding success of yellowhammers on lowland farmland. *Journal of Applied Ecology* 37: 789-805.
- Braden G. T. 1999. Does nest placement affect the fate or productivity of California Gnatcatcher nests? *Auk* 116: 984–993.
- Bradley M., Johnstone, R., Gordon Court G., & Duncan T. Influence of weather on breeding success of peregrine falcons in the Arctic. *Auk* 114: 786–791.
- Bradshaw W.E. & Holzapfel C.M. 2006. Evolutionary response to rapid climate change. *Science* 312: 1477–1478.
- Bradshaw W.E. & Holzapfel C.M. 2008. Genetic response to rapid climate change: it's seasonal timing that matters. *Molecular Ecology* 17: 157-166.
- Brahmia H., Zeraoula, A., Bensouilah, T., Bouzlama, Z. & Houhamdi, M. 2015. Breeding biology of sympatric Laughing *Streptopelia senegalensis* and Turtle *Streptopelia turtur* Dove: a comparative study in northeast Algeria. *Zoology and ecology* 25: 220-226.
- 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*. *Journal of Applied Ecology* 37: 742-755.
- Briggs S.V. 1993. A review of seasonal declines in clutch size of waterfowl (Anatidae) in the northern and southern hemispheres. *Ornis fennica* 70: 1-10.
- Bright P.W. 2000. Lessons from lean beasts: conservation biology of the mustelids. *Mammal Review* 30: 217-226.

- Brinkhof M.W.G., AJ. Cavé F.J. Hage & S. Verhulst. 1993. Timing of reproduction and fledging success in the coot *Fulica atra*: evidence for causal relationship. *Journal of Animal Ecology* 62: 577-587.
- Brinkhof M.W.G., Anton J.C., & Perdeck A.C. 1997. The seasonal decline in the first-year survival of juvenile coots: an experimental approach. *Journal of Animal Ecology* 66: 73–82.
- Bromley RGH, & RL. Jarvis. 1993. The energetics of migration and reproduction of dusky Canada geese (*Branta canadensis occidentalis*). *Condor* 95: 193-210.
- Brommer J.E., Merilä J., Sheldon B.C., & Gustafsson L. 2005. Natural selection and genetic variation for reproductive reaction norms in a wild bird population. *Evolution* 59: 1362–1371.
- Brommer J.E., Rattiste K., & Wilson A.J. 2008. Exploring plasticity in the wild: laying date–temperature reaction norms in the common gull *Larus canus*. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 275: 687–693.
- Brooks T.M., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B., Rylands A.B., Konstant W.R., Flick P., Pilgrim J., Oldfield S., Magin G. & Hilton-Taylors G. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16: 909–923.
- Brooks T.M., Mittermeier R.A., da Fonseca G.A.B., Gerlach J., Hoffmann M., Lamoreux J.F., Mittermeier C.G., Pilgrim J.D. & Rodrigues A.S.L. 2006. Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science* 313: 58-61.
- Bryant D.M. 1975. Breeding biology of house martins *Delichon urbica* in relation to aerial insect abundance. *Ibis* 117: 180–216.

- Bryant D. M. 1978. Environmental influences on growth and survival of nestling House Martins *Delichon urbica*. *Ibis* 120: 271–283.
- Bryant D.M. 1979. Reproductive costs in the house martin (*Delichon urbica*). *J. Anim. Ecol.* 48: 655–675.
- Burhans D.E. & F.R.Thompson, III. 1999. Habitat patch size and nesting success of Yellow-breasted Chats. *Wilson Bull.* 111: 210–215.
- Caccamise D.F. 1977. Breeding success and nest site characteristics of the red-winged blackbird. *Wilson Bull.* 89: 396-403.
- Cain J.W. III, Smallwood, K.S., Morrison, M.L. & Loffland, H.L. 2006. Influence of mammal activity on nesting success of passerines. *Journal of Wildlife Management* 70: 522–531.
- Campbell A.J. 1900. Nests and eggs of Australian birds. Pawson and Brails ford, Sheffield.
- Canévet C. 1992: Le modèle agricole breton. Presse Universitaire de Rennes (Ed.); Rennes, 397 pages.
- Caughley G. & Gunn, A. 1996. Conservation biology in conservation and practice. Blackwell Science (Ed.), London, 459 pages.
- Chabi Y. 1998. Biologie de la reproduction des Mésanges dans les chênaies du Nord Est de l'Algérie. Thèse Doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba.
- Chalfoun AD, Ratnaswamy MJ, & Thompson FR III. 2002a. Songbird nest predators in forest pasture edge and forest interior in a fragmented landscape. *Ecol. Appl.* 12: 858–867.
- Chalfoun AD, Thompson FR III, & Ratnaswamy MJ. 2002b. Nest predators and fragmentation: are view and meta-analysis. *Conserv. Bio.* 116: 306–318.

- Chamberlain D.E., Wilson, A.M., Browne, S.J. & Vickery, J.A. 1999. Effects of habitat type and management on the abundance of skylarks in the breeding season. *Journal of Applied Ecology* 36: 856-870.
- Chamberlain D.E. & Fuller, R.J. 2000. Local extinctions and changes in species richness of lowland farmland birds in England and Wales in relation to recent changes in agricultural land-use. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 1-17.
- Chamberlain D.E. & Siriwardena, G.M. 2000. The effects of agricultural intensification on skylarks (*Alauda arvensis*): evidence from monitoring studies in Great Britain. *Environmental Reviews* 8: 95-113.
- Chamberlain D.E., Fuller, R.J., Bunce, R.G.H., Duckworth, J.C. & Shrubbs, M. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology* 37: 771-788.
- Charmantier A., McCleery R.H., Cole L.R., Perrins C., Kruuk L.E.B. & Sheldon B.C. 2008. Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. *Science* 320: 800–803.
- Chevallier N., Amy M., Guillotte B., Eraud C., Cabaret P., Brebion D., Deseure M. & Morin S. 2013. L'entretien des haies a-t-il un impact sur la communauté d'oiseaux du bocage de l'Avesnois ? *Faune Sauvage* 299: 23-29.
- Chevin L.M., Lande R. & Mace G.M. 2010. Adaptation, plasticity and extinction in a changing environment: towards a predictive theory. *PLoS Biology*. 8, e1000357.
- Clark R.G., & Shutler D. 1999. Avian habitat selection: pattern from process in nest site use by ducks? *Ecology* 80: 272–287.

- Clayton NS, & Dickinson A. 1998. Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays. *Nature* 395: 272–274.
- Cody M.L. 1966. A general theory of clutch size. *Evolution* 20: 174-184.
- Collias NE, & Collias EC. 1984. Nest building and bird behaviour. Princeton, U.K: Princeton Univ. Press;
- Cooper C.B., Hochachka W.M., Butcher G., & Dhondt A.A. 2005. Seasonal and latitudinal trends in clutch size: thermal constraints during laying and incubation. *Ecology* 86: 2018–2031.
- Colombelli-Negrel D. & Kleindorfer, S. 2009. Nest height, nest concealment, and predator type predict nest predation in superb fairy-wrens (*Malurus cyaneus*). *Ecological Research* 24: 921-928.
- Conway C.J. & T.E. Martin. 2000. Evolution of passerine incubation behavior: influence of food, temperature, and nest predation. *Evolution* 54: 670-685.
- Costello M.J., Emblow C.S. & White R. 2004. European Register of Marine Species. Online at <http://www.marbef.org/data/erms.php>.
- Cramp S. & C.M. Perrins. 1994. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Vol. 8. Crows to Finches. Oxford University Press, London. 899.
- Cresswell W .1997. Nest predation: effects of nest characteristics, clutch size and parental behaviour. *Animal Behaviour* 53: 93–103.
- Cresswell W. & McCleery R. 2003. How great tits maintain synchronization of their hatch date with food supply in response to long-term variability in temperature. *Journal of Animal Ecology* 72: 356–366.

- Crick H.Q.P. & Sparks T.H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399: 423.
- Crick H.Q.P., D.W. Gibbons & R.D. Magrath. 1993. Seasonal changes in clutch size in British birds. *Journal of Animal Ecology* 62: 263-273.
- Crick H.Q.P. 1999. Small bird population changes. In Cannell, M.G.R., Palutikof, J.P. & Sparks, T.H. (eds) *Indicators of Climate Change in the UK*: 66–67. London: DETR & NERC.
- Crick H.Q.P., Baillie S.R. & Leech D.I. 2003. The UK Nest Record Scheme: its value for science and conservation. *Bird Study* 50: 254–270.
- Crick H.Q.P., Dudley C., Glue D.E. & Thomson D.L. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- Daan S., Dijkstra, C., Drent, R. & Meijer, T. 1989. Food supply and the annual timing of avian reproduction. *Acta XIX Congressus Internationalis Ornithologici* 392-407.
- Daan S., C. Deerenberg & C. Dijkstra 1996. Increased daily work precipitates natural death in the kestrel. *Journal of Animal Ecology* 65: 539-544.
- Dajoz R. 1971. *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434p.
- Dajoz R. 1985. *Précis d'écologie*. Ed. Bordas, Paris, 505 p.
- Dajoz R. 2000. *Précis d'écologie: Cours Et Exercices Résolus*. 7<sup>ème</sup> édition. Paris: Dunod.
- Davies N. B., S. H. M. Butchart, T. A. Burke, N. Chaline, & I. R. K. Stewart. 2003. Reed warblers guard against cuckoos and cuckoldry. *Animal Behaviour* 65:285–295.
- Dawson A., King, V.M., Bentley, G.E., & Ball, G.F. 2001. Photoperiodic control of seasonality in birds. *Journal of Biological Rhythms* 16: 365-380.

- Dawson A. 2008. Control of the annual cycle in birds: endocrine constraints and plasticity in response to ecological variability. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 1497: 1621–33.
- De Forest L.N., & A.J. Gaston. 1996. The effect of age on timing of breeding and reproductive success in the thick-billed murre. *Ecology* 77: 1501-1511.
- Desrochers A., & R. D. Magrath. 1993. Age-specific fecundity in European blackbirds (*Turdus merula*) — individual and population trends. *Auk* 110: 255-263.
- Dhondt A.A., Adriaensen F., Matthysen E., & Kempenaers B. 1990. Non adaptive clutch sizes in tits. *Nature* 348: 723–725.
- Dhondt A.A., Kast T.L. & Allen P.E. 2002. Geographical differences in seasonal clutch size variation in multi-brooded bird species. *Ibis* 144: 646–651.
- Donald P.F., Green, R.E. & Heath, M.F. 2001a. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 268: 25-29.
- Donald P.F., Pisano, G., Rayment, M.D. & Pain, D.J. 2001b. The common agricultural policy, EU enlargement and the conservation of Europe's farmland birds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1823: 1-16.
- Donald P.F., Evans, A.D., Muirhead, L.B., Buckingham, D.L., Kirby, W.B. & Schmitt, S.I.A. 2002. Survival rates, causes of failure and productivity of skylark *Alauda arvensis* nests on lowland farmland. *Ibis* 144: 652-664.
- Doumandji S., Doumandji-Mitiche B., Kisserli O. & Menzer N. 1993. Le peuplement avien en chênaie mixte dans le parc national de Taza (Jijel, Algérie). *L'oiseau* 63: 139-146.

- Dunn P.O. 2004. Breeding dates and reproductive performance. In A.P. Møller, W. Fiedler, and P. Berthold, eds, *Birds and Climate Change*, vol. 35, 67–85. Elsevier, San Diego, CA, USA.
- Dunn P.O. & Winkler D.W. 1999. Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 266: 2487–2490.
- Dunn P.O. & Winkler, D.W. 2010. Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. *Effects of Climate Change on Birds* (eds A.P. Møller, W. Fiedler & P. Berthold), pp.113–128. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Durant J.M., Hjernmann D.Ø., Anker-Nilssen T., et al. 2005. Timing and abundance as key mechanisms affecting trophic interactions in variable environments. *Ecology Letters* 8: 952–958.
- Durant J.M., D.Ø. Hjernmann G. Ottersen & N.C. Stenseth. 2007. Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. *Climate Research* 33: 271–283.
- Drent R.H. 2006. The timing of birds' breeding seasons: the Perrins hypothesis revisited especially for migrants. *Ardea* 94: 305-322.
- Drent RH., & S. Daan. 1980. The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea* 68: 225-252.
- Dyrz A. & Halupka L. 2009. The response of the great reed warbler *Acrocephalus arundinaceus* to climate change. *Journal of Ornithology* 150: 39–44.
- Emberger L. 1952. Sur le quotient pluviothermique. *Sciences* 234: 2508-2511.

- Eggers S., Griesser, M., & Ekman, J. 2005. Predator-induced plasticity in nest visitation rates in the Siberian jay (*Perisoreus infaustus*). *Behav. Ecol.* 16: 309–315.
- Eggers S., Griesser M., Nystrand M., & Ekman J. 2006. Predation risk induces changes in nest-site selection and clutch size in the Siberian jay. *Proc. R. Soc. B.* 273: 701–706.
- Evans K.L. 2004. The potential for interactions between predation and habitat change to cause population declines of farmland birds. *Ibis* 146: 1-13.
- Eriksson M.O.G. 1978. Lake selection by goldeneye ducklings in relation to the abundance of food. *Wildfowl* 129: 81-85.
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 487-515.
- Ferry C. & Frochot B. 1968. Recherches sur l'écologie des oiseaux forestiers en Bourgogne : II - Trois années de dénombrement des oiseaux nicheurs sur un quadrat de 16 hectares en forêt de citeaux. *Alauda* 36: 61 - 82.
- Filliater T.S., R. Breitwisch, & P.M. Nealen. 1994. Predation of northern cardinal nests: does choice of nest site matter? *Condor* 96: 761–768.
- Foley J.A., De Fries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R., Chapin F.S., Coe M.T., Daily G.C., Gibbs H.K., Helkowski J.H., Holloway T., Howard E.A., Kucharik C.J., Monfreda C., Patz J.A., Prentice I.C., Ramankutty N. & Snyder P.K. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309: 570-574.
- Fontaine J.J., & Martin, T.E. 2006. Habitat selection responses of parents to offspring predation risk: an experimental test. *Am. Nat.* 168: 811–818.
- Fox A.D. 2004. Has Danish agriculture maintained farmland bird populations? *Journal of Applied Ecology* 41: 427-439.

- Flaspöhler D.J., Temple, S.A., & Rosenfield, R.N. 2000. Relationship between nest success and concealment in two ground nesting passerines. *Journal of Field Ornithology* 71: 736–747.
- Gadenne H. 2012. Les effets des changements climatiques et des changements d'usages sur les oiseaux d'eau migrateurs : une approche mécaniste chez un oiseau emblématique, la Cigogne blanche. Thèse doctorat. Université de Poitiers.
- Ganter B. & F. Cooke. 1996. Pre-incubation feeding activities and energy budget of snow geese: can food on the breeding ground influence fecundity? *Oecologia* 106: 153-165.
- Gates S. & Donald P.F. 2000. Local extinction of British farmland birds and the prediction of further loss. *Journal of Applied Ecology* 37: 806-820.
- Gaston A.J. 1973. The ecology and behaviour of the long-tailed tit. *Ibis* 115: 330–351.
- Gaubert H. 1985. Étude comparée de mésanges bleues en Corse et en Provence: augmentation expérimentale de la taille de nichées corses. *Acta Oecologica Oecologia Generalis* 6: 305–316.
- Gauthier G. 1989. The effect of experience and timing on reproductive performance in buffleheads. *Auk* 106: 568-576.
- Gauthier G. & J. Tardif. 1991. Female feeding and male vigilance during nesting in greater snow geese. *Condor* 93: 701-711.
- Gil-Delgado J.A. 1981. La avifauna del narangel valentino. III. El verdecillo (*Serinus serinus* L.). *Mediterr. Ser. Biol.* 5: 97–114.
- Gil-Delgado J.A. & M.C. Catalá. 1989. El verderon común (*Carduelis chloris*): población nidificante, tamaño de la puesta y éxito reproductor. Un ejemplo de estudios a largo plazo. *Mediterránea Ser. Biol* 11: 121–132.

- Gil-Delgado J.A., Catala, M.C. & Barba, E. 1991. Breeding success of Goldfinch *Carduelis carduelis* in orange plantations: the effect of predation and starvation. *Mediterr. Ser. Biol.* 13: 5–14.
- Gil-Delgado J.A., E. Marco, M. Paredes & C. Vives-Ferrandiz. 2005. Seasonal clutch size variation of multi-brooded bird species: comparisons between breeding season and latitudes. *Ibis* 147: 206–212.
- Gnielka R. 1986. Daten zur Brutbiologie des Grünfinken (*Carduelis chloris*) nach Nestkarten aus dem Bezirk Halle. *Beitr. Vogelkd* 4: 235–244.
- Goławski A. 2006. Impact of weather on partial loss of nestlings in the Red-backed Shrike *Lanius collurio* in eastern Poland. *Acta Ornithol.* 41: 15–20.
- Götmark F. 1992. The effects of investigator disturbance on nesting birds. *Curr. Ornithol.* 9: 63–104.
- Götmark F, Blomqvist D, Johansson OC & Bergqvist J. 1995. Nest-site selection: a trade-off between concealment and view of the surroundings. *Journal of Avian Biology* 26: 305–312.
- Goutte A. 2010. Mécanismes hormonaux impliqués dans la phénologie de la reproduction chez les oiseaux marins polaires. Thèse doctorat. Université de Poitiers.
- Goutte A., Antoine E., Weimerskirch H., & Chastel O. 2010. Age and the timing of breeding in a long-lived bird: a role for stress hormones? *Funct. Ecol.* 24: 1007–1016.
- Green R.E. 1984: The feeding ecology and survival of partridge chicks (*Alectoris rufa* and *Perdix perdix*) on arable farmland in East Anglia. *Journal of Applied Ecology* 21: 817–830.

- Green R.E., Rands, M.R.W. & Moreby, S.J. 1986. Species differences in diet and the development of seed digestion in partridges chicks *Perdix perdix* and *Alectoris rufa*. *Ibis* 129: 511-514.
- Green R.E., Tyler, G.A., Stowe, T.J. & Newton, A.V. 1997. A simulation model of the effect of mowing of agricultural grassland on the breeding success of the corncrake *Crex crex*. *Journal of Zoology (London)* 243: 81-115.
- Gregory R.D., Willis, S.G., Jiguet, F., Voříšek, P., Klvaňová, A., van Strien, A., Huntley B., Collingham, Y.C., Couvet, D., & Green, R.E. 2009. An indicator of the impact of climatic change on European bird populations. *Public Library of Science ONE* 4, e4678.
- von Haartman L. 1967. Geographical variations in the clutch size of the pied flycatcher. *Ornis Fennica* 44: 89-98.
- Hahn T.P., Boswell, T., Wingfield, J.C. & Ball, G.F. 1997. Temporal flexibility in avian reproduction: Patterns and mechanisms. *Current Ornithol.* 14: 39–80.
- Halupka L., Dyrz A., & Borowiec M. 2008. Climate change affects breeding of reed warblers *Acrocephalus scirpaceus*. *Journal of Avian Biology* 39: 95–100.
- Hanane S. & Baâmal, L. 2011. Are Moroccan fruit or chards suitable breeding habitats for Turtle doves *Streptopelia turtur*? *Bird Study* 58: 57–67.
- Hanane S. 2012. Do age and type of plantings affect Turtle dove *Streptopelia turtur* nest placement in olive-agroecosystems. *Eth. Ecol. Evol* 24: 284-293.
- Hanane S. 2014a. Plasticity in nest placement of the Turtle Dove (*Streptopelia turtur*): experimental evidence from Moroccan agroecosystems. *Avian Biology Research* 7: 65–73.

- Hanane S. 2014b. Effects of human disturbance on nest placement of the Woodpigeon (*Columba palumbus*): A case study from the Middle Atlas, Morocco. *Integrative Zoology* 9: 349–359.
- Hanane S. 2015. Nest-niche differentiation in two sympatric *Streptopelia* species from a North African agricultural area: the role of human presence. *Ecological Research* (in press), DOI: 10.1007/s11284-015-1259-1.
- Hanane S., P. Bergier, & M. Thévenot. 2011. La reproduction de la Tourterelle maillée *Streptopelia senegalensis* dans la plaine du Tadla (Maroc Central): analyse comparative avec Tourterelle des bois *Streptopelia turtur*. *Alauda* 79: 17-28.
- Harris S. W., Morse, M.A. & Longley W.H. 1963. Nesting and production of the mourning dove in Minnesota. *Amer. Midl. Nat.* 69:150-172.
- Harris M.P. 1980. Breeding performance of puffins *Fratercula arctica* in relation to nest density, laying date and year. *Ibis* 122: 193-209.
- Harris M.P., D.J. Hailey & S. Wanless. 1992. The post-fledging survival of young guillemots *Uria aalge* in relation to hatching date and growth. *Ibis* 134: 335-339.
- Hatchwell B.J. 1991. An experimental study of the effects of timing of breeding on the reproductive success of common guillemot (*Uria aalge*). *Journal of Animal Ecology* 69: 721-736.
- Hatchwell B.J., A.F. Russell, M.K. Fowlie, & D.J. Ross. 1999. Reproductive success and nest-site selection in a cooperative breeder: Effect of experience and a direct benefit of helping. *Auk* 116: 355-363.

- Heim de Balsac H. & N. Mayaud. 1962. Les Oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique : Distribution géographique, écologie, migration, reproduction (The Birds of North-West Africa Geographical distribution, ecology, migration, reproduction). Le chevalier, Paris.
- Heinzel H., Fitter R. & Parslow J. 2004. Les oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 319 p.
- Higgins P.J., Peter J.M., & Cowling S.J. 2006. Handbook of Australian, New Zealand and Antarctic Birds. Volume 7. Boatbill to Starlings. Oxford University Press, Melbourne, Australia.
- Hoire S. & Takagi, M. 2012. Nest positioning by male Daito White-eyes *Zosterops japonicas daitoensis* improves with age to reduce nest predation risk. *Ibis* 154: 285–295
- Holway D.A. 1991. Nest-site selection and the importance of nest concealment in the Black-throated Blue Warbler. *Condor* 93: 575-581.
- Houghton J. 1996. Climate change 1995: the science of climate change. vol. 19390. Cambridge Univ Pr.
- Howlett J.S. & B.J. Stutchbury. 1996. Nest concealment and predation in hooded warblers: experimental removal of nest cover. *Auk* 113: 1-9.
- Hoyt D.F. 1979. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk* 96: 73-77.
- Hudec K. 1983. Fauna CSSR. Ptáci - Aves. Praha.
- Hughes L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution* 15: 56–61.
- Hussell D.J.T. 1972. Factors affecting clutch size in Arctic passerines. *Ecol. Monogr.* 42: 317-364.

- Hussell D.J.T. 2003. Climate change, spring temperatures, and timing of breeding of tree swallows (*Tachycineta bicolor*) in southern Ontario. *Auk* 120: 607–618.
- Husby A., Kruuk L.E.B., & Visser M. 2009. Decline in the frequency and benefits of multiple brooding in great tits as a consequence of a changing environment. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 276: 1845–1854.
- Husby A, Visser M.E., & Kruuk L.E.B. 2011. Speeding Up Microevolution: The Effects of Increasing Temperature on Selection and Genetic Variance in a Wild Bird Population. *PLoS Biology*. 9: e1000585. doi:10.1371/journal.pbio.10005.
- Hutchinson G.E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor. *Symposia on Quantitative Biology* 22: 415–427.
- Isenmann P. & A. Moali. 2000. Oiseaux d'Algérie (Birds of Algeria). SEOF. Paris, 336.
- Isenmann P., T. Gaultier, A. El-Hili, H. Azafzaf, H. Dlensi & M. Smart. 2005. Oiseaux de Tunisie (Birds of Tunisia). SEOF. Paris, 432.
- Johnson D.H. 1979. Estimating nest success: the Mayfield method and an alternative. *Auk* 96: 651–661.
- Joyce B., Williams, G. & Woods, A. 1988. Hedgerows: still a cause for concern. In: Cadbury, C.J. & Everett, M. (Eds.). *RSPB Conservation Review n°2*, Sandy: RSPB.
- Kafi F., Hanane, S., Bensouilah, T., Zeraoula, A., Brahmia, H. & Houhamdi, M. 2015. Les facteurs déterminants le succès de reproduction de la Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) dans un milieu agricole Nord-Africain. *Revu d'Ecologie : Terre et Vie* 70 : 271-279.
- Kearney M. & Porter, W. 2009. Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology Letters* 12: 334–350.

- Kelleher K.M. & J. O'Halloran. 2006. Breeding biology of the Song Thrush *Turdus philomelos* in an island population. *Bird Study* 53: 142-155.
- Kelly J.P. 1993. The effect of nest predation on habitat selection by Dusky Flycatcher in limber pine-juniper woodland. *Condor* 95: 83–93.
- Khoury F., M. Janaydeh & A. Al-Hmoud. 2009. Nest placement and nesting success in two finch species colonizing a recently established plantation in an arid region. *Journal of Ornithology* 150: 29–37.
- Kleindorfer S., Fessl, B., & Hoi, H. 2003. The role of nest site cover for parental nest defence and fledging success in two *Acrocephalus* warblers. *Avian Science* 3: 21–29.
- Kleindorfer S., Fessl, B., & Hoi, H. 2005. Avian nest defence behaviour: assessment in relation to predator distance and type, and nest height. *Animal Behaviour* 69: 307–313.
- Klomp H. 1970. The determination of clutch size in birds. *Ardea* 58: 1–124.
- Knupp D.M., Owen, Jr., R.B. & Dimond, J.B. 1977. Reproductive biology of American robins in northern Maine. *Auk* 94: 80-85.
- Koudri M. 2013. Contribution à l'étude de l'avifaune nicheuse de la région de l'Atlas saharien. Thèse de Doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 150p.
- Kosinski Z. 2001a. The breeding ecology of the Greenfinch *Carduelis chloris* in urban conditions (study in Krotoszyn, W Poland). *Acta Ornithologica* 36: 111–121.
- Kosinski Z., 2001b. Effects of urbanization on nest site selection and nesting success of the Greenfinch *Carduelis chloris* in Krotoszyn, Poland. *Ornis Fennica* 78: 175-183.
- Kujawa K. & Tryjanowski, P. 2000. Relationships between the abundance of breeding birds in western Poland and the structure of agricultural landscape. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 46: 103-114.

- Lack D. 1954. *The Natural Regulation of Animal Numbers*. Oxford: Oxford University Press.
- Lack D. & Lack, E. 1958. The nesting of the long-tailed tit. *Bird Study* 5: 1–19.
- Lambert S. & S. Kleindorfer. 2006. Nest concealment but not human visitation predicts predation of New Holland honeyeater nests. *Emu* 106: 63–68.
- Lavergne S., Mouquet N., Thuiller W. & Ronce O. 2010. Biodiversity and climate change: integrating evolutionary and ecological responses of species and communities. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 41: 321-350.
- Lazo I. & Anabalón J.J. 1991. Nesting of the Common Diuca Finch in the central Chilean scrub. *Wilson Bulletin* 103: 143–146
- Leitner S., Van't Hof T.J. & Gahr M. 2003. Flexible reproduction in wild canaries is independent of photoperiod. *General and Comparative Endocrinology* 130: 102–108.
- Lessells C.M. & Avery, M.I. 1989. Hatching asynchrony in European Beeeaters *Merops apiastor*. *J. Anim. Ecol.* 58: 815-835.
- Lima S. L. 1987. Clutch size in birds: a predation perspective. *Ecology* 68: 1062-1067.
- Lislevand T. 2012. Habitat and nest placement of Red-backed Shrikes *Lanius collurio* breeding in clear-cuts in southern Norway. *Ornis Norvegica* 35: 28-36.
- Lomascolo S.B., Monmany, A.C., Malisia, A. & Martin, T.E. 2010. Flexibility in nest-site choice and nesting success of *Turdus rufiventris* (Turdidae) in a Montane forest in Northwestern Argentina. *Wilson J. Ornith* 122: 674-680.
- Lopez-Iborra G.M., Pinheiro, R.T., Sancho, C., & Martinez, A. 2004. Nest size influences Nest predation risk in two coexisting *Acrocephalus* warblers. *Ardea* 92: 85–91.

- Lotze H.K., Lenihan H.S., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R.G., Kay M.C., Kidwell S.M., Kirby M.X., Peterson C.H. & Jackson J.B.C. 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312: 1806–1809.
- Ludvig É., Vanicsek, L., Török, J. & Csörgő, T. 1995. The effect of nest-height on the seasonal pattern of breeding success in blackbirds *Turdus merula*. *Ardea* 83: 411–418.
- Lundberg A. & R.V. Alatalo. 1992. *The Pied Flycatcher*. T. & A.D. Poyser. London.
- Macleod C.J., D.M.B. Parish, & S.F. Hubbard. 2004. Habitat associations and breeding success of the Chaffinch *Fringilla coelebs*. *Bird Study* 51: 239-247.
- Marques P.A.M., Vicente, L.M. & Marquez, R. 2002. Nest placement in the Spanish sparrow *Passer hispaniolensis*. *Studies on Sparrows* 29: 21-30.
- Marion P. & Frochet B. 2001. L'avifaune nicheuse de la succession écologique du sapin de douglas en Morvan (France). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 56: 53-79.
- Martin T.E. 1987. Food as a limit on breeding birds: A life-history perspective. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 453–487.
- Martin T.E. 1988. Nest placement: Implications for selected life history traits, with special reference to clutch size. *American Naturalist* 132: 900–910.
- Martin T.E. 1993. Nest predation among vegetation layers and habitat types: revising the dogmas. *American Naturalist* 141: 897–913.
- Martin T.E. 1995. Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecological Monographs* 65: 101–127.
- Martin T.E. 1996. Life history evolution in tropical and south temperate birds: What do we really know? *Journal of Avian Biology* 27: 263–272.

- Martin T.E. & J.J. Roper. 1988. Nest predation and nest-site selection of a western population of the Hermit Thrush. *Condor* 90: 51–57.
- Martin P.A. & Arnold, T.W. 1991. Relationships among fresh mass, incubation time, and water loss in Japanese quail eggs. *Condor* 93: 28 -37.
- Martin T.E. & P. Li. 1992. New perspectives on life history traits of open- versus cavity-nesting birds. *Ecology* 73: 579-592.
- Martin T.E. & G.R. Geupel. 1993. Nest-monitoring plots: methods for locating nests and monitoring success. *Journal of Field Ornithology* 64: 507-519.
- Martin T.E., Bassar R.D., Bassar S.K., Fontaine J.J., Lloyd P., Mathewson H.A., Niklison A.M., & Chalfoun A. 1996. Life-history and ecological correlates of geographic variation in egg and clutch mass among passerine species. *Evolution* 60: 390–398.
- Martin T.E., J. Scott, & C. Menge. 2000. Nest predation increases with parental activity: separating nest sites and parental activity effects. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 267: 2287–2293.
- Massaro M., Starling-Windhof, A., Briskie, J.V., & Martin, T.E. 2008. Introduced mammalian predators induce behavioural changes in parental care in an endemic New Zealand bird. *PLoS ONE* 3,e2331.doi:10.1371/journal.pone.0002331
- Mayfield H. 1961. Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73: 255–261.
- Mayfield H. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* 87: 456-466.
- McClure H.E. 1942. Mourning Dove production in southwestern Iowa. *Auk* 59: 64-75.
- McClure C.J.W., B.W. Rolek, K. McDonald, & G.E. Hill. 2012. Climate change and the decline of a once common bird. *Ecology and Evolution* 2: 370-378.

- Mearns R. & Newton, I. 1988. Factors affecting breeding success of peregrines in south Scotland. *Journal of Animal Ecology* 57: 903–916.
- Meddour R. 2010. Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Thèse doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
- Meijer T., U. Nienaber, U. Langer, & F. Trillmich. 1999. Temperature and timing of egg-laying of European Starlings. *Condor* 101: 124–132.
- Meilvang D., Moksnes A., & Røskaft E. 1997. Nest predation, nesting characteristics and nest defence behaviour of Fieldfares and Redwings. *J. Avian Biol.* 28: 331–337.
- Mezquida E.T., & L. Marone. 2001. Factors affecting nesting success of a bird assembly in the central Monte Desert, Argentina. *Journal of Avian Biology* 32: 287–296.
- Mezquida E.T. & Marone L. 2002. Factors affecting nesting success of a bird assembly in the central Monte Desert, Argentina. *J. Avian Biol.* 32: 287–296.
- Mezquida E.T. 2004. Nest site selection and nesting success of five species of passerines in a South American open Prosopis woodland. *Journal of Ornithology* 145: 16–22.
- Mikkola H. 1983. *Owls of Europe*. Buteo Books, Vermillion, SD.
- Miller-Rushing A.J., Lloyd-Evans T.L., Primack R.B., & Satzinger P. 2008. Bird migration times, climate change, and changing population sizes. *Global Change Biology* 14: 1959–1972.
- Milla A. 2008. L'Ornithochorie dans différents milieux du Sahel et du Littoral algérois. Thèse de Doctorat, Institut National d'Agronomie el Harrach, 351p.
- Møller A.P. 2002. North Atlantic Oscillation (NAO) effects of climate on the relative importance of first and second clutches in a migratory passerine bird. *Journal of Animal Ecology* 71: 201–210.

- Møller A.P. 2008. Climate change and micro-geographic variation in laying date. *Oecologia* 155: 845–857.
- Møller A.P., Flensted-Jensen E., & Mardal W. 2006. Rapidly advancing laying date in a seabird and the changing advantage of early reproduction. *Journal of Animal Ecology* 75, 657–665.
- Møller A.P., Fiedler W. & Berthold P. 2010. *Effects of climate change on birds*. Oxford University Press, Oxford, New York. 321p.
- Monk J.F. 1954. The breeding biology of the Greenfinch. *Bird Study* 1: 2–14.
- Moreno J. 1998. The determination of seasonal declines in breeding success in sea birds. *Etologia* 6:17–31
- Mostfai N. 2010. La diversité avienne dans la région de Tlemcen (Algérie occidentale) : Etat actuel, impact des activités humaines et stratégie de conservation. Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- Muller E.N. 1985. Economic inequality, regime spresiveness and political violence. *American Sociological Review* 53: 56-68.
- Muller Y. 1988. Recherches sur l'écologie des oiseaux forestiers des Vosges du Nord: Etude de l'avifaune nicheuse de la succession du pin sylvestre. *L'oiseau* 58: 89 - 112.
- Murphy M.T. 1983. Nest Success and Nesting Habits of Eastern Kingbirds and Other Flycatchers. *The Condor* 85: 208-219.
- Murphy M.T. 1986. Temporal components of reproductive variability in Eastern Kingbirds (*Tyrannus tyrannus*). *Ecology* 67: 1483-1492.
- Nedjah R., F. Samraoui, A. Boucheker, A.H. Alfarhan & B. Samraoui. 2014. On the breeding of the Grey Heron *Ardea cinerea* in Algeria. *Zoology and ecology* 23: 208-214.

- Newton I. 1972. Finches. London: Collins.
- Newton I. 2004. The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. *Ibis* 146: 579-600.
- Nias R.C. 1986. Nest-site characteristics and reproductive success in the Superb Fairy-wren. *Emu* 86: 139-144.
- Nielsen J.T. & Møller A.P. 2006. Effects of food abundance, density and climate change on reproduction in the sparrowhawk *Accipiter nisus*. *Oecologia* 149: 505–518.
- Nilsson S.G. 1984. The evolution of nest-site selection among hole-nesting birds: The importance of nest predation and competition. *Ornis Scand.* 15: 167-175.
- Nolan V. 1978. The ecology and behavior of the Prairie Warbler *Dendroica discolor*. Ornithological Monographs No 26.
- Nur N., Jones S.L. & Geupel G.R. 1999. A statistical guide to data analysis of avian monitoring programs. Ed. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, 46p.
- Nussey D.H., Postma E., Gienapp P., & Visser M.E. 2005. Selection on heritable phenotypic plasticity in a wild bird population. *Science* 310: 304–306.
- Nussey D.H., Wilson A.J., & Brommer J.E. 2007. The evolutionary ecology of individual phenotypic plasticity in wild populations. *Journal of Evolutionary Biology* 20: 831–844.
- Ochando B. 1988. Méthode d'inventaire et de dénombrement d'oiseaux en milieu forestier. Application à l'Algérie. *Ann. Inst. nati. agro., El Harrach*, 12 (Spécial): 47-59.
- Ormerod S.J. & Watkinson, A.R. 2000. Editor's Introduction: Birds and Agriculture. *Journal of Applied Ecology* 37: 699-705.

- Paradis E., S.R. Baillie, W.J. Sutherland, C. Dudley, H.Q.P. Crick, & R.D. Gregory. 2000. Large-scale spatial variation in the breeding performance of Song Thrush *Turdus philomelos* and Blackbirds *T. merula* in Britain. *Journal of Applied Ecology* 37: 73–87.
- Parmesan C., Ryrholm N., Stefanescu C., Hill J.K., Thomas C.D., Descimon H., Huntley B., Kaila L., Kullberg J., Tammaru T., Tennent W.J., Thomas J.A. & Warren M. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. – *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637–669.
- Parmesan C. & Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.
- Peach W.J., G.M. Siriwardena, & R.D. Gregory. 1999. Long-term changes in over-winter survival rates explain the decline of reed buntings *Emberiza schoeniclus* in Britain. *Journal of Applied Ecology* 36: 798–811.
- Pearson R.G. & Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361–71.
- Penloup A., Martin, J.L., Gory, G., Brunstein, D., & Bretagnolle, V. 1997. Distribution and breeding success of pallid swifts, *Apus pallidus*, on Mediterranean islands: nest predation by roof rat, *Rattus rattus*, and nest site quality. *Oikos* 80: 78–88.
- Perrins C.M. 1965. Population fluctuations and clutch size in the great tit *Parus major* L. J. *Anim. Ecol.* 44: 601–647.
- Perrins C.M. 1970. The timing of birds' breeding seasons. *Ibis* 112: 242–255.

- Perrins C.M. 1977. The role of predation in the evolution of clutch size. Pp. 181-191 in Evolutionary ecology (B. Stonehouse and C. Perrins, Eds.). Baltimore, University Park Press.
- Perrins C.M. 1979. British Tits. London: Collins.
- Perrins C.M., & T.R. Birkhead. 1983. Avian Ecology. Glasgow: Blackie.
- Perrins C.M., & R.H. McCleery. 1989. Laying dates and clutch size in the Great Tit. Wilson Bulletin 101: 236-253.
- Petit S., Burel, F., Barre, V. & Baudry, J. 1998. Quelle biodiversité en zone de grande culture ? Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement & CNRS (Eds.); Paris, 67 pages.
- Phillips B.L. 2009. The evolution of growth rates on an expanding range edge. Biology Letters 5: 802–804.
- Pimm S.L. & Raven P. 2000. Extinction by numbers. Nature 403: 843-845.
- Ponz A., Barba, E. & Gil Delgado, J.A. 1996. Population changes and breeding ecology of the Cirl Bunting *Emberisa cirlus* in eastern Spain. Bird Study 43: 38–46.
- Potts G.R. 1986. The partridge: pesticides, predation, and conservation. Collins, London, 274 pages.
- Pough R.H. 1950. Comment faire un recensement d'oiseaux nicheurs ?. Rev. Ecol. (Terre et Vie) 4: 203 - 217.
- Prodon R. 1987. Impact écologique du feu sur l'avifaune et gestion du paysage en France méditerranéenne. Rev. Ecol. (Terre et Vie) 42: 107-113.

- Prodon R. 1993. Une alternative aux “types biogéographiques” de Voous: La mesure des distributions latitudinales. *Alauda* 62: 83–90.
- Przybylo R., Sheldon B.C., & Merilä J. 2000. Climatic effects on breeding and morphology: evidence for phenotypic plasticity. *Journal of Animal Ecology* 69: 395–03.
- Peluc S.I., Sillett, T.S., Rotenberry, J.T., & Ghalambor, C.K. 2008. Adaptive phenotypic plasticity in an island song bird exposed to a novel predation risk. *Behavioral Ecology* 19: 830–835.
- Quinn J.F. & Harrison S.P. 1988. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness : evidence from biogeographic patterns. *Oecologia* 75: 132–140.
- Rahn H., C.V. Paganelli & A. Ar. 1975. Relation of avian egg tot body weight. *Auk* 92: 750-765.
- Ramade F. 1984. *Éléments d'écologie - Ecologie fondamentale*. Ed. Mc. Graw-Hill, Paris, 397 p.
- Ramade F. 2008. *Éléments d'écologie: écologie appliquée*. 5ème édition, Edi science international, 28, rue Beaunier, Paris, 704p.
- Rangen S.A., R.G. Clark, & K.A. Hobson. 1999. Influence of nest-site vegetation and predator community on the success of artificial songbird nests. *Canadian Journal of Zoology* 77: 1676–1681.
- Ravussin P.A. & C. Neet. 1995. Facteurs affectant la ponte d'une population de Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) dans l'ouest de la Suisse. *Nos Oiseaux* 43: 163-178.
- Ravussin P.A., D. Arrigo, M. Schaub & A. Roulin. 2007. Succès de la reproduction et taux de survie du Gobemouche noir *Ficedula hypoleuca* dans l'ouest de la Suisse, en marge de son aire de répartition. *Nos Oiseaux* 54: 29-40.

- Réale D., McAdam A.G., Boutin S. & Berteaux D. 2003. Genetic and plastic responses of a northern mammal to climate change. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 270, 591-596.
- Remeš V. 2005a. Nest concealment and parental behaviour interact in affecting nest survival in the blackcap (*Sylvia atricapilla*): an experimental evaluation of the parental compensation hypothesis. *Behav.Ecol.Sociobiol.* 58: 326–332.
- Remeš V. 2005b. Birds and rodents destroy different nests: a study of Blackcap *Sylvia atricapilla* using the removal of nest concealment. *Ibis* 147: 213–216.
- Reid J.M., P. Monaghan, & G.D. Ruxton. 2000. Resource allocation between reproductive phases: the importance of thermal conditions in determining the cost of incubation. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 267: 37–41.
- Reitz F. 1996. Les perdrix en 1995 dans le Nord, le Bassin Parisien et le Centre : à suivre ! *Bulletin Mensuel de l'ONC*, 208: 2-11.
- Riehm V.H. 1970. Ökologie und verhalten der schwanzmeise (*Aegithalos caudatus L.*). *Zoologische Jahrbuecher Systematik* 97: 338–400.
- Ricklefs R.E. 1969. An analysis of nesting mortality in birds. *Smithsonian Contrib. Zool.* 9: 1-48.
- Ricklefs R.E. 1977. A note on the evolution of clutch size in altricial birds. Pp. 193-214 in *Evolutionary ecology* (B. Stonehouse and C. Perrins, Eds.). Baltimore, University Park Press.
- Rivas-Martínez S. 2005. Avances en Geobotánica. Discurso de Apertura del Curso Académico de la Real Academia Nacional de Farmacia del año.

- Rivera-Milan F.F. 1996. Nest density and success of columbids in Puerto Rico. *Condor* 98: 100–113.
- Robinson R.A & Sutherland, W.J. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 17: 157-176.
- Rocha G. & Hidalgo, S. 2002. La Tortola comun *Streptopelia turtur*. Analysis de los factores que afectan a su status. Universidad de Extramadura, Badajoz, Spain.
- Redondo T, & Castro F. 1992. The increase in risk of predation with begging activity in broods of Magpies *Pica pica*. *Ibis* 134: 180-187.
- Rodriguez C. & Bustamante J. 2003. The effect of weather on lesser kestrel breeding success: can climate change explain historical population declines? *Journal of Animal Ecology* 72: 793–810.
- Rodríguez F. & A.C. Moreno. 2008. Breeding biology of the endangered Blue Chaffinch *Fringilla teydea polatzeki* in Gran Canaria (Canary Islands). *Acta Ornithologica* 43: 207–215.
- Rogers S.I., Clarke K.R., & Reynolds J.D. 1999. The taxonomic distinctness of coastal bottom-dwelling fish communities of the North-east Atlantic. *Journal of Animal Ecology* 68: 769-782.
- Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C. & Pounds J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Roseberry J.L. & W.D. Klimstra. 1970. The nesting ecology and reproductive performance of the Eastern Meadowlark. *Wilson Bull.* 82: 243-267.
- Sæther B.E. 1990. Age-specific variation in reproductive performance of birds. In Power, D.M. (ed.) *Current Ornithology* 7: 251–283. New York: Plenum Press.

- Sæther B.E. 1996. Evolution of avian histories– does nest predation explain it all? *Trends Ecol. Evol.* 11: 311–312.
- Sæther B.E., Engen S., Møller A.P., et al. 2003. Climate variation and regional gradients in population dynamics of two hole nesting passerines. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 270: 2397–2404.
- Sæther B.E., Grøtan V., Tryjanowski P., Barbraud C., Engen S. & Fulin M. 2006. Climate and spatio-temporal variation in the population dynamics of a long distance migrant, the white stork. *Journal of Animal Ecology* 75: 80-90.
- Salamin N., Wüest R.O., Lavergne S., Thuiller W. & Pearman P.B. 2010. Assessing rapid evolution in a changing environment. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 692–698.
- Salas F., Patricio J., & Marques J.C. 2006. *Ecological Indicators in Coastal and Estuarine Environmental Quality Assessment. A User Friendly Guide for Practitioners.* University of Coimbra Press, 131p.
- Salvante G.K., Walzem L.R., & Williams D.T. 2007. What comes first, the zebra finch or the egg: temperature-dependent reproductive, physiological and behavioural plasticity in egg-laying zebra finches. *Journal of Experimental Biology* 210: 1325–1334.
- Sanderson E.W., Jaiteh M., Levy M.A., Redford K.H., Wannebo A.V. & Woolmer G. 2002. The Human Footprint and the Last of the Wild. *Bioscience* 52: 891-904.
- Santisteban L., Sieving K.E., & Avery M.L. 2002. Use of sensory cues by fish crows *Corvus ossifragus* preying on artificial bird nests. *J. Avian Biol.* 33: 245–252.
- Sanz J.J. 1999. Does day length explain the latitudinal variation in clutch size of Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca*? *Ibis* 141: 100-108.

- Sanz J.J. 2001. Latitudinal variation in female local return rate in the philopatric Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). *Auk* 118: 539-543.
- Sanz J.J. 2002. Climate change and breeding parameters of great and blue tits throughout the western Palearctic. *Global Change Biol.* 8: 409–422.
- Sanz J.J. 2003. Large-scale effect of climate change on breeding parameters of pied flycatchers in Western Europe. *Ecography* 26: 45–50.
- Sanz J.J., Potti J., Moreno J., et al . 2003. Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region. *Global Change Biology* 9: 461–472.
- Saunders D.A., Hobbs R.J. & Margules C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Cons Biol.* 18-32.
- Scherrer B. 1984. *Bio statistique*. Gaëtan Morin Éditeur, Paris, 850 p.
- Schmidt K.A. 1999. Foraging theory as a conceptual framework for studying nest predation. *Oikos* 85: 151-160.
- Schmidt K.A. & Whelan, C.J. 1999. Nest placement and mortality: is nest predation a random event in space and time? *Condor* 101: 916–920.
- Schmidt K.A., & R.S. Ostfeld. 2003. Songbird populations in fluctuating environments: predator responses to pulsed resources. *Ecology* 84: 406–415.
- Schmidt K.A., Ostfeld, R.S. & Smyth, K.N. 2006. Spatial heterogeneity in predator activity, nest survivorship, and nest-site selection in two forest thrushes. *Oecologia* 148: 22–29.
- Sheldon B.C., Kruuk L.E., & Merilä J. 2003. Natural selection and inheritance of breeding time and clutch size in the collared flycatcher. *Evolution* 57: 406–420.

- Si Bachir A. 2005. Ecologie du héron garde-boeufs, *Bubulcus Ibis Ibis* (Linne, 1758) dans la région de Béjaia (Kabylie de la Soumman, Algérie) et suivi de son expansion en Algérie. Thèse doctorat. Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Siriwardena G.M., Baillie, S.R, Buckland, S.T., Fewster, R.M., Marchant, J.H. & Wilson, J.D. 1998. Trends in abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common Birds Census indices. *Journal of Applied Ecology* 35: 24-43.
- Siriwardena G.M., S.R. Baillie, H.Q.P. Crick, & J.D. Wilson. 2000. The importance of variation in the breeding performance of seed-eating birds in determining their population trends on farmland. *Journal of Applied Ecology* 37: 128–148.
- Skinner W.R., Jefferies R.L., Carleton T.J., et al. 1998. Prediction of reproductive success and failure in lesser snow geese based on early season climatic variables. *Global Change Biology* 4: 3–16.
- Skutch A.F. 1949. Do tropical birds rear as many young as they can nourish? *Ibis* 91: 430–455.
- Slagsvold T. 1975. Competition between the Great Tit *Parus major* and the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* in the breeding season. *Ornis Scand.* 6:179-190.
- Slagsvold T. 1982. Clutch size variation in passerine birds: the nest predation hypothesis. *Oecologia* 54: 159–169.
- Slagsvold T. 1984. Clutch size variation of birds in relation to nest predation: on the cost of reproduction. *J. Anim. Ecol.* 53: 945–953.
- Snow D.W. 1978. The nest as a factor determining clutch-size in tropical birds. *Journal of Ornithology* 119: 227–230.
- Snow D.W., & H. Mayer-Gross. 1967. Farmland as a nesting habitat. *Bird Study* 14: 43-52.

- Sockman K.W. 1997. Variation in life-history traits and nest-site selection affects risk of nest predation in the California gnatcatcher. *Auk* 114: 324–332.
- Sockman K.W. 2000. Seasonal variation in nest placement by the California gnatcatcher. *Wilson Bull.* 112 : 498–504.
- Soltner D. 1999. *Les Bases De La Production Végétale*. Edition. Sciences & Techniques Agricoles, Tome 2.
- Sparks T.H. 1999. Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. *Int. J. Biometeorol.* 42: 134–138.
- Sparks T.H. & Braslavská O. 2001. The effects of temperature, altitude and latitude on the arrival and departure dates of the swallow *Hirundo rustica* in the Slovak Republic. *Int. J. Biometeorol.* 45: 212–216.
- Sparks T.H. & Crick H.Q.P. 1999. The times they are a-changing? *Bird Conserv. Int.* 9: 1–7.
- Sparks T.H., Crick H.Q.P., Elkins N., Moss R., Moss S. & Mylne K. 2002. Birds, weather and climate. *Weather* 57: 399–410.
- Sparks T.H. & Mason C.F. 2001. Dates of arrivals and departures of spring migrants taken from the Essex Bird Reports 1950–1998. *Essex Bird Report* 1999: 154–164.
- Sparks T.H. & Mason C.F. 2004. Can we detect change in the phenology of winter migrant birds in the UK. *Ibis* 146: 58–61.
- Sparks T.H., Roberts D.R. & Crick H.Q.P. 2001. What is the value of first arrival dates of spring migrants in phenology? *Avian Ecol. Behav.* 7: 75–85.
- Sperry J.H., Peak, R.G., Cimprich, D.A. & Weatherhead, P.J. 2008. Snake activity affects seasonal variation in nest predation risk of birds. *Journal of Avian Biology* 39: 379–383.

- Stenseth N.C., Mysterud A., Ottersen G., Hurrell J.W., Chan K.S. & Lima M. 2002. Ecological effects of climate fluctuations. *Science* 297: 1292–1296.
- Stevenson I.R. & Bryant D.M. 2000. Climate change and constraints on breeding. *Nature* 406: 366–367.
- Stoate C. & J. Szczur. 1994. Nest site selection and territory distribution of Yellowhammer *Emberiza citrinella* and Whitethroat *Sylvia communis* in field margins. In *Field Margins: Integrating Agriculture and Conservation*. 129-131. Monograph 58, British Crop Protection Council.
- Stoate C., S.J. Moreby, & J. Szczur. 1998. Breeding ecology of farmland yellowhammers *Emberiza citrinella*. *Bird Study* 45: 109-121.
- Svensson E. 1995. Avian reproductive timing when should parents be prudent? *Anim. Behav.* 49: 1569–1575.
- Taberner A., R. Tamarit & J.A. Gil-Delgado. 2012. Position of blackbird (*Turdus merula*) nests in orange trees. *Avian Biology Research* 5: 193–197.
- Takagi M. 2001. Some effects of inclement weather conditions on the survival and condition of bull-headed shrike nestlings. *Ecol. Res.* 16: 55–63.
- Tapper S.C., Green, R.E. & Rands, M.R.W. 1982. Effects of mammalian predators on partridge populations. *Mammal Review* 12: 159-167.
- Tapper S.C., Potts, G.R. & Brockless, M.H. 1996. The effect of an experimental reduction in Predation pressure on the breeding success and population density of grey partridges (*Perdix perdix*). *Journal of Applied Ecology* 33: 965-978.
- Tinbergen JM, & MC. Boerlijst. 1990. Nestling weight and survival in individual great tits (*Parus major*). *Journal of Animal Ecology* 59: 1113-1127.

- Török J. 1981. Food composition of nestling blackbirds in an oak forest bordering on an orchard. *Opusc. Zool. Budapest* 17–18: 145–156.
- Török J. 1985. Comparative ecological studies on Blackbird (*Turdus merula*) and Song Thrush (*T. Philomelos*) populations I. Nutritional ecology. *Opusc. Zool. Budapest.* 21: 105–117.
- Török J. & Tóth L. 1987. Density dependent effects between three competitive bird species. *Oecologia* 72: 127-130.
- Török J. & Tóth L. 1988. Density-dependence in the collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*) at high population levels. *J Anim Ecol* 57: 251–258.
- Torti V.M. & Dunn, P.O. 2005 Variable effects of climate change on six species of North American birds. *Oecologia* 145: 486–495.
- Tryjanowaki P., Hromada, M. & Antczak, M. 1999. Breeding habitat selection in the Great Gray Shrike *Lanius excubitor* - the importance of meadows and spring crops. *Acta Ornithologica* 34: 59–63.
- Tryjanowski P., Kuzniak S. & Sparks T.H. 2005. What affects the magnitude of change in first arrival dates of migrant birds? *Journal of Ornithology* 146: 200–205.
- Tucker G.M. 1997. Chapter 4. Priorities for bird conservation in Europe: the importance of the farmed landscape. In: *Farming and birds in Europe. The common agricultural policy and its implications for bird conservation.* Pain, D.J. & Pienkowski, M.W. (Eds.); Academic Press, London: 79-116.
- URBACO. 2012. Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Guelma, Direction de programmation et de suivi budjitaire de la wilaya de Guelma. 187p.

- Verboven N. & Tinbergen, J.M. 2002. Nest desertion: a trade-off between current and future reproduction. *Animal Behaviour* 63: 951–958.
- Verhulst S. & J.M. Tinbergen. 1991. Experimental evidence for a causal relationship between timing and success of reproduction in the great tit *Parus m. major*. *Journal of Animal Ecology* 60: 269-282.
- Verhulst S., J.H. van Balen & J.M Tinbergen. 1995. Seasonal decline in reproductive success of the great tit: variation in time or quality? *Ecology* 76: 2392-2403.
- Verhulst S, & Nilsson J.Å. 2008. The timing of birds' breeding seasons; a review of experiments that manipulated timing of breeding. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363: 399–410.
- Vickery P.D., Hunter, M.L. & Wells, J.F. 1992. Evidence of incidental nest predation and its effect of nests of threatened grassland birds. *Oikos* 63: 281-288.
- 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: 647-664.
- Vickery J.A., Bradbury, R.B., Henderson, I.G., Eaton, M.A & Grice, P.V. 2004. The role of agri-environment schemes and farm management practices in reversing the decline of farmland birds in England. *Biological Conservation* 119: 19-39.
- Visser M.E. 2008. Keeping up with a warming world; assessing the rate of adaptation to climate change. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 275: 649–659.

- Visser M.E., & Holleman L.J.M. 2001. Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 268: 289–294.
- Visser M.E. & Both C. 2005. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 272: 2561–2569.
- Visser M.E., van Noordwijk A.J., Tinbergen J.M., & Lessells C.M. 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 265: 1867–1870.
- Visser M. E., Adriaensen F., Balen J. H. Van, Blondel J., Dhondt, A. A., Van Dongen S., Du Feu C., Ivankina E. V., Kerimov A. B., De Laet J., Matthysen E., Mccleery R., Orell M. & Thomson D. L. 2003. Variable responses to large-scale climate change in European *Parus* populations. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270: 367-372.
- Visser M.E., Holleman L.J.M. & Caro S.P. 2009. Temperature has a causal effect on avian timing of reproduction. *Proceedings of the Royal Society of London Series B– Biological Sciences* 276: 2323–2331.
- Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J. & Mellilo J.M. 1997. Human domination of the Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.
- Voous K.H. 1960. Atlas of European birds. Ed. Nelson, London, 284 p.
- Walther G., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T., Fromentin, J., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389–395.

- Walther G.R., Berger S. & Sykes M.T. 2005. An ecological 'footprint' of climate change. *Proceedings of The Royal Society B* 272: 1427-1432.
- Walther G.R., Roques A., Hulme P.E., Sykes M.T., Pysek P., Kühn I. & Zobel M. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities, *Trends in Ecology & Evolution* 24: 686-693.
- Wang G., Hobbs N.T., Giesen K.M., et al. 2002. Relationships between climate and population dynamics of white-tailed ptarmigan *Lagopus leucurus* in Rocky Mountain National Park, Colorado, USA. *Climate Research* 23: 81–87.
- Wanless S., Frederiksen M., Walton J., & Harris M.P. 2009. Long-term changes in breeding phenology at two seabird colonies in the western North Sea. *Ibis* 151: 274–285.
- Warwick R.M. & Clarke K.R. 2001. Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. *Oceanography and Marine Biology* 39: 207-231.
- Watson E.M., Whittaker R.J. & Dawson T.P. 2004. Avifaunal responses to habitat fragmentation in the threatened littoral forests of south-eastern Madagascar. *Journal of Biogeography* 31: 1791-1807.
- Weidinger K. 2001. Does egg colour affect predation rate on open passerine nests? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 49: 456–464.
- Weidinger K. 2002. Interactive effects of concealment, parental behaviour and predators on the survival of open passerine nests. *Journal of Animal Behaviour* 71: 424–437.
- Weidinger K. 2004. Relative effects of nest size and site on the risk of predation in open nesting passerines. *Journal of Avian Biology* 35: 515–523.
- Weidinger K. & Král M. 2007. Climatic effects on arrival and laying dates in a long-distance migrant, the collared flycatcher *Ficedula albicollis*. *Ibis* 149: 836–847.

- Wesolowski T. & Cholewa M. 2009. Climate variation and bird breeding seasons in a primeval temperate forest. *Climate Research* 38: 199–208.
- Wijnandts H. 1984. Ecological energetics of the Long-eared Owl (*Asio otus*). *Ardea* 72: 1-92.
- Wikelski M., Hau, M., & Wingfield J.C. 2000. Seasonality of reproduction in a Neotropical rain forest bird. *Ecology* 81: 2458–2472.
- Wilcox B.A. & Murphy D. 1985. Conservation Strategy: The Effects of Fragmentation on Extinction. *American Naturalist* 125: 879-887.
- Wilson E.O. 1992. *The diversity of Life*. Belknap, Cambridge, Massachusetts. 496p.
- Wilson R.R., & R.J. Cooper. 1998a. Acadian Flycatcher Nest Placement: Does Placement Influence Reproductive Success? *Condor* 100: 673-679.
- Wilson R.R. & Cooper, R.J. 1998b. Breeding biology of Acadian flycatchers in a bottomland hardwood forest. *Wilson Bulletin* 110: 226–232.
- Wilson S., Norris D.R., Wilson A.G., & Arcese P. 2007. Breeding experience and population density affect the ability of a songbird to respond to future climate variation. *Proceedings of the Royal Society of London Series B–Biological Sciences* 274: 2669–2675.
- Winkler D.W., Dunn P.O. & McCulloch C.E. 2002. Predicting the effects of climate change on avian life-history traits. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 99: 13595–13599.
- White TCR. 2008. The role of food, weather and climate in limiting the abundance of animals. *Biol. Rev.* 83: 227–248.
- Wysocki D. 2005. Nesting-site selection in the urban population of Blackbird (*Turdus merula*) in Szczecin (NW Poland). *Acta Ornithologica* 40: 61–69.

- Yanes M. & Onate J.J. 1996. Does predation affect nest site selection in larks? *Rev. Ecol. Terre et Vie* 51: 259–267.
- Yanes M. & Suarez, F. 1997. Nest predation and reproductive traits in small passerines: a comparative approach. *Acta Oecol.* 18: 413–426.
- Yom-Tov Y. 1987. The reproductive rate of Australian passerines. *Australian Wildlife Research* 14: 319-330.
- Young B.E. 1994. Geographic and seasonal patterns of clutch-size variation in house wrens. *Auk* 111: 545-555.
- Zeraoula A., Bensouilah T., Brahmia H., Bouslama Z. & Houhamdi M. 2015. Breeding biology of the European Blackbird *Turdus merula* in orange orchards. *Journal of King Saud University-Science* (*In press*).