

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALE

N° ...../SNV/2020

## Thèse

Présentée par

**YOUCEFI Abdeldjalil**

Pour l'obtention du diplôme de

**Doctorat en Sciences**

**Filière: Biologie**

**Spécialité: BIOLOGIE ANIMALE**

**Thème**

**Ecologie des peuplements des Ardéidés et les  
Threskiornithidés dans les zones humides de la région  
d'El-Tarf (Algérie)**

Soutenue publiquement le ..... 2020

Devant le Jury

Président	<b>Mr. Mohamed FENNI</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
Directeur	<b>Mr. Abdelkrim SI BACHIR</b>	<b>Pr. U. Mostefa Benboulaid Batna 2</b>
Examineurs	<b>Mr. Mustapha BOUNECHADA</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
	<b>Mr. Mohamed OUAkid</b>	<b>Pr. U. Badji</b>
	<b>Mokhtar, Annaba</b>	
	<b>Mr. Samil CHAFAA</b>	<b>MCA. U. Batna 2</b>

## Table des matières

Dédicace

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

### Chapitre 1 : Présentation générale des modèles biologiques étudiés

1. L’Ibis falcinelle, <i>Plegadis falcinellus</i> (Linné, 1766).....	5
1.1.Description de l’espèce .....	5
1.2.Répartition géographique.....	6
1.3.Reproduction et dynamique des populations .....	6
2. Le Héron pourpré, <i>Ardea purpurea</i> (Linné, 1766) .....	6
2.1.Description de l’espèce .....	6
2.2.Répartition géographique.....	7
2.3.Reproduction et dynamique des populations. ....	8
3. Le Héron garde-bœufs, <i>Bubulcus ibis</i> (Linné, 1758) .....	8
3.1.Description de l’espèce.....	8
3.2.Répartition géographique.....	10
3.3.Reproduction et dynamique des populations .....	10

### Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

1. Méthodes d’étude de l’écologie de la reproduction du Héron pourpré et l’Ibis falcinelle .....	11
1.1.Présentation du Parc National d'El-kala .....	11
1.2.Site d’étude.....	12
1.3.Méthode de caractérisation des œufs et des nids.....	13
1.4.Méthodes d’évaluation des paramètres démographiques .....	14

1.4.1. Phénologie de la ponte .....	14
1.4.2. Grandeur de ponte. ....	14
1.5.Méthode d'étude de la stratification verticale des nids .....	14
1.6.Méthode d'étude du succès de reproduction .....	14
1.6.1. Succès d'éclosion .....	14
1.7.Traitement statistique .....	14
2. Méthode d'étude du comportement de repos de l'Héron garde-bœufs .....	15
2.1.Présentation du site d'étude.....	15
2.2.Hypothèses émises .....	16
2.3.Taille de la population, temps de repos et durée d'arrivée et le taux d'arrivée sur le site de repos (Échantillonnage comportemental) .....	17
2.4.Traitements statistiques .....	17
3. Méthode d'étude de l'occupation et l'abondance de l'Ibis falcinelle pendant l'hivernage et la nidification dans le nord-Algérien : effets climatiques .....	17
3.1.Site d'étude.....	18
3.2.Procédure d'échantillonnage .....	19
3.3.Analyses statistiques .....	20

### **Chapitre 3 : Résultats**

1. Répartition générale des espèces étudiées dans quelques sites de la Numédie Orientale Nord-Est de l'Algérie .....	22
2. Écologie de la reproduction de de l'Ibis falcinelle.....	23
2.1. Caractéristiques des œufs et des nids.....	23
2.2. Phénologie de la ponte.....	24
2.3. Grandeur de ponte.....	24
2.4. Stratification verticale des nids.....	27
2.5. Succès de reproduction (Succès d'éclosion) .....	27
3. Écologie de la reproduction de de l'Héron pourpré .....	29
3.1. Caractéristiques des œufs et des nids.....	29
3.2. Phénologie de la ponte.....	29
3.3. Grandeur de ponte.....	30

3.4. Stratification verticale des nids.....	33
3.5. Succès de reproduction .....	33
4. Etude du comportement de repos de l’Héron garde bœufs .....	34
4.1. Taille de la population de <i>Bubulcus ibis</i> pendant la période de repos.....	34
4.2. Temps de repos et durée d'arrivée .....	35
4.3. Taux d'arrivée sur le site de repos.....	37
5. Etude de l’occupation et l'abondance de l'Ibis falcinelle pendant l’hivernage et les sites de reproduction dans le nord-Algérie : effets climatiques .....	38
5.1. Taille de la population hivernante dans les aires d'alimentation .....	38
5.2. Taille de la population dans les sites de reproduction .....	41

#### **Chapitre 4 : discussion**

1. Écologie de la reproduction de de l’Ibis falcinelle.....	42
2. Écologie de la reproduction de de l’Héron pourpré .....	43
3. Etude du comportement de repos de l’Héron garde bœufs .....	45
4. Etude de l’occupation et l’abondance de l’Ibis falcinelle pendant l’hivernage et les sites de reproduction : effets climatiques.....	48
4.1. Taille de la population hivernante dans les aires d’alimentation .....	48
4.2. Taille de la population dans les sites de reproduction.....	49
Conclusion générale et perspectives.....	51
Bibliographie.....	54

Résumés

Annexes



# REMERCIEMENTS

---

Au terme de ce travail de thèse, je saisis cette occasion pour exprimer mes sincères remerciements à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent également à tous les responsables de l'Université Ferhat Abbès, Sétif 1.

Merci à Pr. FENNI Mohamed professeur à l'Université Ferhat Abbès, Sétif 1 d'avoir accepté d'honorer cette soutenance comme président de jury. Qu'il me soit permis de lui exprimer ma plus haute considération.

J'exprime également ma grande gratitude à Monsieur Pr. BOUNECHADA Mustapha « Université Ferhat Abbès, Sétif 1 », à Pr. OUAKID Mohamed « Université Badji Mokhtar, Annaba » et à Dr. CHAFAA Smail « université Batna 2 » pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de participer à ce jury et d'examiner mon travail.

L'expression de ma haute reconnaissance s'adresse à mon encadreur de thèse Monsieur Pr. SI BACHIR Abdelkrim (Professeur à l'Université Mostefa Benboulaïd Batna 2).

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour mener à terme cet humble travail.

# **DEDICACE**

*Grâce à Dieu*

*J'ai pu finir ce travail*

*Et je le dédie*

*À ma famille...*

*À mes amis...*

*Un grand merci à toutes les autres personnes avec qui j'ai partagé un moment de bonheur et de joie, un café ou un trajet...*

**Liste des tableaux**

**Tableau 1** : Répartition, sites de nidification, et statut de (*Plegadis falcinellus*, *Bubulcus ibis* et *Ardea purpurea*) dans quelques sites de la Numidie Orientale nord-est de l'Algérie. Les deux valeurs 1 et 0 représentent : reproduction ou non respectivement. LC : préoccupation mineure.....22

**Tableau 2** : Caractéristiques des œufs et des nids de l'Ibis falcinelle à El Chott, Algérie 2013 (Moyenne  $\pm$  Ecart-type) .....23

**Tableau 3** : Caractéristiques des œufs et des nids de l'Héron pourpré à El Chott, Algérie en 2013 (Moyenne  $\pm$  Ecart-type).....29

**Tableau 4** : Noms des sites d'étude, coordonnées géographiques, superficie, type d'habitat, statut d'hivernage et de reproduction de l'ibis brillant (*Plegadis falcinellus*) dans le nord-est de l'Algérie. ....39

**Tableau 5** : Résumé des résultats du modèle généralisé à effets mixtes de Poisson évaluant l'effet de la température annuelle, des précipitations annuelles et du site sur le nombre d'individus dans les zones d'alimentation de l'Ibis falcinelle dans le nord-est de l'Algérie. ....40

**Tableau 6** : Résumé des résultats du modèle de Poisson généralisé évaluant l'effet de l'année et du site sur le nombre d'individus dans les sites de reproduction de l'Ibis dans le Nord-Est de l'Algérie.....42



**Liste des figures**

<b>Figure 1</b> : Ibis falcinelle, <i>Plegadis falcinellus</i> (Linné, 1766).....	5
<b>Figure 2</b> : Héron pourpré, <i>Ardea purpurea</i> (Linnaeus, 1766).....	7
<b>Figure 3</b> : L'espèce du Héron garde-bœufs, <i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758).....	9
<b>Figure 4</b> : Figure : Situation géographique du Parc National d'El Kala (PNEK) .....	11
<b>Figure 5</b> : Localisation de Garaet El Chatt, Nord-Est algérien. ....	12
<b>Figure 6</b> : Garaet El Chatt, Nord-Est algérien. ....	13
<b>Figure 7</b> : Localisation du site Berrihane, El Taref, Nord-Est algérien .....	15
<b>Figure 8</b> : Effets potentiels des conditions météorologiques sur la taille de la population dans les sites de repos et synchronisme du rassemblement pendant le repos de l'Héron garde bœufs.....	16
<b>Figure 9</b> : Carte des sites d'étude des Ibis falcinelle dans le Nord de l'Algérie. Les sites d'hivernage et les colonies de reproduction sont représentés. ....	19
<b>Figure 10</b> : Phénologie de la ponte de l'Ibis falcinelle à El Chott pendant la saison d'étude 2013.....	23
<b>Figure 11</b> : Grandeur de ponte de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013. ....	24
<b>Figure 12</b> : Diminution saisonnière de la grandeur de ponte de l'Ibis falcinelle à El Chott durant l'année 2013 .....	24
<b>Figure 13</b> : Effet de la profondeur d'eau sur la grandeur de ponte de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013.....	25
<b>Figure 14</b> : A et B : La relation de la grandeur de ponte et le volume des œufs avec le diamètre interne et externe des nids de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013 .....	26
<b>Figure 15</b> : Effet de la hauteur des nids sur le succès d'éclosion des œufs de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013 .....	28
<b>Figure 16</b> : Effet de la grandeur de ponte sur le nombre d'œufs éclos de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013 .....	28
<b>Figure 17</b> : Phénologie de la ponte de l'Héron pourpré à El Chott pendant la saison d'étude 2013 .....	29
<b>Figure 18</b> : Grandeur de ponte de l'Héron pourpré à El Chott en 2013.....	30
<b>Figure 19</b> : Augmentation saisonnière de la grandeur de ponte de l'Héron pourpré à El Chott en 2013.. ....	31

<b>Figure 20 :</b> Effet de la profondeur d'eau sur la grandeur de ponte de l'Héron pourpré à El Chott en 2013.....	32
<b>Figure 21 :</b> A et B : Variation de la grandeur de ponte et le volume des œufs en fonction du diamètre interne et externe des nids de l'Héron pourpré à El Chott en 2013 .....	33
<b>Figure 22 :</b> Effet de la hauteur sur le succès d'éclosion des œufs de l'Héron pourpré à El Chott en 2013.....	34
<b>Figure 23 :</b> Variation du nombre d'œufs éclos en fonction de la grandeur de ponte de l'Héron pourpré à El Chott en 2013. ....	35
<b>Figure 24 :</b> Schéma saisonnier de la taille de la population (avec transformation logarithmique) sur le site de nidification l'Hiron garde bœufs dans des conditions météorologiques différentes. Les lignes de régression sont linéaires simples et le ruban gris, l'erreur standard. La ligne pointillée noire représente la régression moyenne dans toutes les conditions météorologiques.....	36
<b>Figure 25 :</b> Schéma saisonnier de la durée et du moment du rassemblement sur le site de repos de l'Hiron garde bœufs dans des conditions météorologiques différentes. A. Durée du rassemblement. B. L'heure de la première arrivée. C. Heure de la dernière arrivée. Les lignes de régression sont linéaires simples et le ruban gris, l'erreur standard. La ligne pointillée noire représente la régression moyenne dans toutes les conditions météorologiques. L'heure sur B et C est linéarisée.....	37
<b>Figure 26 :</b> Schéma saisonnier du taux d'arrivées d'individus de l'Hiron garde bœufs sur le site de repos dans des conditions météorologiques différentes Les lignes de régression sont linéaires simples et le ruban gris, l'erreur standard. La ligne pointillée noire représente la régression moyenne dans toutes les conditions météorologiques...	39
<b>Figure 26 :</b> Schéma saisonnier du taux d'arrivées d'individus de l'Hiron garde bœufs sur le site de repos dans des conditions météorologiques différentes Les lignes de régression sont linéaires simples et le ruban gris, l'erreur standard. La ligne pointillée noire représente la régression moyenne dans toutes les conditions météorologiques...	39
<b>Figure 27 :</b> Nombre moyen d'individus dans les troupeaux d'hivernage de l'Ibis falcinelle dans trois sites d'alimentation (a) le lac des oiseaux, (b) Berrihane et (c) le lac Tonga dans le Nord-est de l'Algérie au cours de la période 2013-2019. Les barres d'erreur sont des erreurs standard.....	39
<b>Figure 28 :</b> Effet de la température et des précipitations annuelles sur le nombre d'individus hivernants de l'Ibis falcinelle dans les trois sites d'alimentation (a) le lac	

des oiseaux, (b) Berrihane et (c) le lac Tonga dans le Nord-est de l'Algérie pendant 2013-2019.....39

**Figure 29 :** Nombre total de nids dans les troupeaux d'hivernage de l'Ibis falcinelle dans les quatre sites de reproduction connus dans le Nord-Est de l'Algérie au cours de la période 2011-2019.....42

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

### **Introduction générale**

Les zones humides se trouvent dans différents environnements à travers le monde et elles ont toutes des caractéristiques divergentes. Ce sont des habitats extrêmement importants pour la richesse de la biodiversité et elles ont un rôle important à jouer dans la vie des humains et des animaux. Qu'il s'agisse d'un marais, mare, d'un lac, d'une tourbière, une zone humide est un écosystème unique, une zone de terre saturée d'eau, de manière permanente ou saisonnière. Elle abrite généralement de nombreuses espèces de plantes et d'animaux. Plusieurs raisons pour lesquelles nous devrions nous soucier des zones humides. Les zones humides purifient notre eau en retenant les sédiments et éliminant les polluants. Elles fonctionnent aussi comme des éponges géantes, stockent l'eau puis la libèrent lentement, ce qui permet de faire face aux saisons sèches peu pluvieuses et peuvent prévenir les inondations aussi (Keddy 2010). Lorsque les rivières débordent, les zones humides peuvent stocker l'eau excédentaire et la ralentir afin qu'elle soit répartie plus uniformément sur une plaine inondable. Les racines des arbres et autres types de végétation aident également à ralentir la vitesse des eaux de crue (Trevor & Douglas 1997). Les zones humides alimentent aussi les eaux souterraines, aident à contrôler l'érosion (Emilio 2000), fournissent des abris pour les animaux et les plantes et fournissent de la nourriture pour le bétail. Les zones humides offrent de bonnes zones de pâturage et la variété des herbes, ainsi que l'approvisionnement en eau courante, peuvent être bénéfiques pour l'élevage (Roggeri 1995).

Malheureusement, 50% des zones humides du monde ont été détruites (Achim 2012). Sans habitat adapté aux zones humides, de nombreuses espèces pourraient bientôt devenir sans abri.

Ecologiquement dépendants des zones humides, les oiseaux d'eau sont des indicateurs biologiques essentiels pour évaluer la qualité et l'importance des zones humides. En raison des

impacts de la perte d'habitat, de la pollution, de la chasse excessive, des invasions biologiques et du changement climatique, environ 23% des populations d'oiseaux d'eau dans le monde sont en déclin, entre 17% et 19% des oiseaux d'eau ont été inscrits sur la liste des espèces menacées par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et (Bird Life International 2017) et certains oiseaux d'eau, peu peuplés, n'ont pas été enregistrés sur le terrain ces dernières années (Wetlands International 2012). Signalant que 55% des espèces d'oiseaux d'eau du monde sont en déclin et des données sur les tendances sont disponibles pour 81% des 854 espèces d'oiseaux d'eau ; seulement 16% sont en augmentation. Les tendances de la population d'oiseaux d'eau varient d'une région à l'autre : 51% des espèces d'oiseaux d'eau ont diminué en Amérique, 53% en Europe et 56% en Afrique. Cependant, les déclinés d'oiseaux d'eau les plus spectaculaires se produisent en Asie, avec 61% d'espèces d'oiseaux aquatiques en baisse, contre seulement 15% en croissance (Delany & Scott 2006 ; Nebel *et al.*, 2008).

Les tendances mondiales pour des familles d'oiseaux d'eau spécifiques brossent également un tableau négatif. Par exemple, les estimations de tendance, disponibles pour 87% des oiseaux d'eau de la famille des Scolopacidae, indiquent que 52 des 79 espèces (66%) de cette famille sont en déclin. En outre, les estimations de tendance pour les oiseaux d'eau de la famille des Anatidés (canards, oies et cygnes), dont les données de tendance sont disponibles pour 92% de ces espèces, montrent que 80 sur 152 de ces espèces (53%) sont en baisse (Delany & Scott 2006 ; Baker *et al.*, 2004 ; BirdLife International 2017). Les Ardeidae et les Threskiornithidae ne sont pas considérés comme des animaux menacés ou en voie de disparition, bien que des préoccupations aient été exprimées au sujet des risques pour la santé des populations de ces derniers dans le monde. La pollution est un facteur majeur du déclin de nombreuses populations animales dans le monde, et la pollution de l'eau peut avoir un effet dévastateur sur les poissons que les oiseaux mangent (BirdLife International 2017).

Compte tenu de la grave situation de diminution rapide de la diversité des oiseaux d'eau, la conservation des oiseaux d'eau fait l'objet d'une attention croissante dans le monde entier.

Le bassin Méditerranéen possède l'une des plus riches biodiversités du monde faisant partie des 25 hotspots de biodiversité globale (Medail & Quezel 1997, Myers *et al.*, 2000). Cette région a une mosaïque de paysages naturels englobant des montagnes, rivières, désert, forêts et des milliers d'îles. L'unique association de géographie, d'histoire et de climat a généré une radiation évolutive étonnante produisant une grande diversité de plantes et d'animaux endémiques à la région. Par exemple, 25000 espèces de plantes sont natives de la Méditerranée dont plus de 50% sont endémiques (Myers *et al.*, 2000). L'Algérie, plus grand pays d'Afrique, accueille 1.451 zones humides sur son territoire, réparties du nord au sud sur trois millions d'hectares, soit plus d'1% de la surface du pays qui abrite une richesse avifaunistique exceptionnelle (Heim de Balsac & Mayaud 1962 ; Ledant *et al.*, 1981 ; Isenmann & Moali 2000 ; Samraoui & Samraoui 2008). Lacs, étangs, marais, sebkha, tous représentent des sites d'hivernage, de reproduction ou de stop-over pour plusieurs espèces d'oiseaux communes ou rares (Spaans *et al.*, 1976 ; Jacob & Jacob 1980 ; Si Bachir *et al.*, 2012 ; Houhamdi 1998 ; Moulai 2006). Plusieurs travaux ont été menés sur la biodiversité avifaunistiques des zones humides algériennes. Ces études ont conservés des aspects tant biocénotiques qu'autoécologiques. Toutefois, le groupe des Pélécaniformes compte parmi les taxons les moins explorés. Nous citons notamment les travaux sur l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) (Belhadj *et al.*, 2007; Samraoui *et al.*, 2009), le Héron pourpré (*Ardea purpurea*) (Nedjah *et al.*, 2010), le Héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) (Si Bachir *et al.*, 2001, 2008).

La présente étude se place dans le cadre de l'étude des Ardéidés et des Threskiornithidés qui représentent de bons indicateurs de l'écologie et de la santé des écosystèmes des zones humides. Le travail a été réalisé entre 2013 et 2019 sur la vaste région d'El Taref qui englobe non seulement les principaux grands plans d'eau du complexe du parc national d'El Kala

(réserve de la biosphère) mais également d'autres zones humides de typologies différentes situées à l'Ouest de cette aire protégée.

L'étude a principalement porté sur les trois espèces les plus représentatives de la région et dont les populations connaissent des tendances différentes.

Il s'agit de (i) l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*), (ii) le Héron pourpré (*Ardea purpurea*) et (iii) le Héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*) qui est actuellement une espèce en pleine expansion dans le monde et en Algérie.

Les objectifs spécifiques de cette thèse se résument ainsi :

- Etude de la bio-écologie de la reproduction de l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) avec mise en évidence des patrons de répartition de l'espèce en fonction du temps et du climat pendant son hivernage et sa nidification dans le Nord-Est algérien
- Etude de la bio-écologie de la reproduction de l'Héron pourpré (*Ardea purpurea*)
- Etude du comportement grégaire chez le Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) dans les sites de repos.



# **CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES ESPECES ETUDIEES**

---

**Chapitre 1 : Présentation générale des modèles biologiques étudiés**

**1. L'Ibis falcinelle, *Plegadis falcinellus* (Linné, 1766)**

**1.1. Description de l'espèce**

L'Ibis Falcinelle est un oiseau échassier de l'ordre des Péléciformes. Il mesure environ 56-64 cm, avec une envergure de 80-95 cm, et pèse de 500 à 800 g. Il semble noir, mais il a des plumes d'une couleur rouille avec des teintes vert métallique. La tête et le cou sont plus pâles (Site web 1). Son bec est long, arqué vers le bas et assez mince. Ses longues pattes noirâtres sont parfaitement adaptées à la marche en milieu aquatique (Site web 2). Comme habitat, il vit près des étangs, des rivières, des marais, des lacs et autres rives, où il peut faire son nid et trouver sa nourriture (Figure 1).



Figure 1 : Ibis falcinelle, *Plegadis falcinellus* (Linné, 1766) (Site web 3)

- **Systématique**

<b>Ordre</b>	<b>Péléciformes</b>
<b>Famille</b>	<b>Threskiornithidés</b>

<b>Genre</b>	Plegadis
<b>Espèce</b>	falcinellus
<b>Descripteur</b>	Linné, 1766
<b>Taille</b>	66 cm
<b>Envergure</b>	80 à 95 cm.
<b>Poids</b>	500 à 800 g
<b>Longévité</b>	20 ans
<b>Statut de conservation UICN</b>	LC : Préoccupation mineure
<b>Nom commun (français, anglais)</b>	Ibis falcinelle, Glossy ibis

## **1.2. Répartition géographique**

La zone de répartition de l'espèce Ibis falcinelle est très vaste puisqu'elle existe dans l'Est de l'Amérique du Nord (Etats-Unis), aux Antilles, en Europe du Sud, mais aussi en Afrique (et jusqu'à Madagascar), en Asie centrale et méridionale et en Australie.

Les populations migratrices d'Europe de cet Ibis passent l'hiver en Afrique, du Maroc au Tchad ; les oiseaux nichant autour de la mer Caspienne, hivernent plus à l'est sur ce continent (Soudan, Erythrée), mais aussi vers le sous-continent indien (**Site web 2**). En Algérie, après une absence d'un siècle ; cet Ibis a fait son retour. La reproduction a été enregistrée en 2002 et, de 2003 à 2008 dans le complexe de zones humides de Numidia, dans le nord-est de l'Algérie (Samraoui 2012).

## **1.3. Reproduction et dynamique des populations**

L'espèce niche en colonie et est monogame. Elle construit son nid dans les arbres ou les aulnaies, avec de minces branches. Après l'accouplement, entre mai et juillet, la femelle y pond les œufs que le couple couve pendant 3 semaines. Après l'éclosion, il faudra un mois et demi avant que les petits puissent voler. Après avoir quitté le nid, les petits restent en groupe et sont nourris par l'ensemble des adultes. Ses prédateurs sont les renards, les gros oiseaux de proies, ou les mammifères et oiseaux qui s'attaquent également aux œufs (**Site web 1**).

## **2. Le Héron pourpré, *Ardea purpurea* (Linné, 1766)**

### **2.1. Description de l'espèce**

Le Héron pourpré est un grand échassier aux formes sveltes (typique du genre *Ardea*). L'adulte se reconnaît par un plumage brun violacé avec des ailes gris ardoisé, une poitrine brun-

roux, un abdomen noir, des flancs et des scapulaires roux pourprés. Il a un long bec pointu est jaune avec des yeux jaune pâles (Site web 4). La longueur totale du corps varie entre 70 et 90 cm alors que le poids entre 600 à 1 450 g (Figure 2) (Site web 5).



Figure 2 : Héron pourprés, *Ardea purpurea* Linné, 1766 (Site web 6).

- **Systématique**

<b>Ordre</b>	<b>Péléciformes</b>
<b>Famille</b>	Ardeidae
<b>Genre</b>	Ardea
<b>Espèce</b>	purpurea
<b>Descripteur</b>	Linné, 1766
<b>Taille</b>	66 cm
<b>Envergure</b>	120 à 150 cm.
<b>Statut de conservation UICN</b>	LC : Préoccupation mineure
<b>Nom commun (français, anglais)</b>	Héron pourprés, Purple heron

## 2.2.Répartition géographique

Le héron pourpré se reproduit depuis les tropiques jusqu'aux pays semi-tempérés. On peut le trouver en Europe, dans le Sud de l'Asie et en Afrique. Les oiseaux européens migrent en Afrique tropicale pour hiverner (**Site web 3**). En Algérie, cette espèce se reproduit depuis le 19<sup>ème</sup> siècle au lac Halloula (Heim de Balsac et Mayaud, 1962). Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, le héron pourpré a été signalé au lac Fetzara (Zedlitz, 1914). Les sites de reproduction connus sont très limités.

### **2.3. Reproduction et dynamique de population**

Dans les zones humides à grandes roselières, les nids du Héron pourpré sont établis en priorité dans les phragmitaies denses et inondées, à défaut dans des hautes scirpaies, des typhaies ou plus rarement dans des cladiaies. Les nids sont placés à des hauteurs variables, comprises entre 2,5 et 4 m dans les saules, jusqu'à 20 m dans les chênes.

Généralement, la femelle pond ses œufs (de quatre à cinq œufs) de mi-avril au début de juin. L'incubation des œufs est assurée par les deux sexes et dure 26 jours. Les jeunes de trois semaines peuvent quitter le nid alors que l'envol a lieu à l'âge de sept semaines. Ces jeunes deviennent matures entre la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> année, dont la longévité peut atteindre 25 ans.

## **3. Le Héron garde-bœufs, *Bubulcus ibis* (Linné, 1758)**

### **3.1. Description de l'espèce**

Le Héron garde-bœufs est oiseau relativement petit, au cou court et épais, de couleur tout à fait blanche, sauf en période de reproduction, où ils sont ornés de plumes d'orange chamois sur le dos, la tête et le cou (**Site web 7**). La longueur totale de l'oiseau varie de 46 à 56 cm et son envergure moyenne est de 88 à 96 cm. Le plumage de base de l'adulte des deux sexes est blanc pur, avec un bec orange ou jaune terne et des pattes orange terne (Figure 3). Pendant une brève période de la saison de reproduction, le plumage des adultes nicheurs est chamois au niveau de la tête, du cou et du dos, et les yeux, les pattes et le bec sont d'un rouge vif (**Site web 8**).



Figure 3 : L'espèce du Héron garde-bœufs, *Bubulcus ibis* (Linné, 1758) (Site web 8).

- **Systématique**

<b>Ordre</b>	<b>Péléciformes</b>
<b>Famille</b>	Ardeidae
<b>Genre</b>	Bubulcus
<b>Espèce</b>	<i>Bubulcus ibis</i>
<b>Descripteur</b>	Linné, 1758
<b>Taille</b>	46 - 56 cm
<b>Envergure</b>	88 - 96 cm.
<b>Statut de conservation UICN</b>	LC : Préoccupation mineure
<b>Nom commun (français, anglais)</b>	Héron garde-bœufs, Cattle egret

### **3.2.Répartition géographique**

On trouve cette espèce sous les tropiques, en Amérique du Sud, en Europe, en Asie, en Australie et en Afrique. Il a probablement quitté l'Afrique pour l'Amérique du Sud, puis les États-Unis.

### **3.3.Reproduction et dynamique de population**

Le nid est une petite plateforme bâtie de manière désordonnée à l'aide de branchages, dans les frondaisons d'un arbre. La femelle dépose de 3 à 4 œufs ovales et teintés de bleu pâle qui sont couvés presque pendant 3 semaines. Les poussins sont nidicoles et couverts de plumes à leur naissance. Ce n'est qu'au bout d'une dizaine de jours qu'ils y parviennent et commencent à quitter le nid vers 2 semaines alors qu'ils n'ont pas acquis leur plumage définitif. Ils commencent à voler au bout de 30 jours et deviennent indépendants 2 semaines plus tard. Ils sont aptes à se reproduire entre 1 et 2 ans (**Site web 9**).

# **CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES**

---

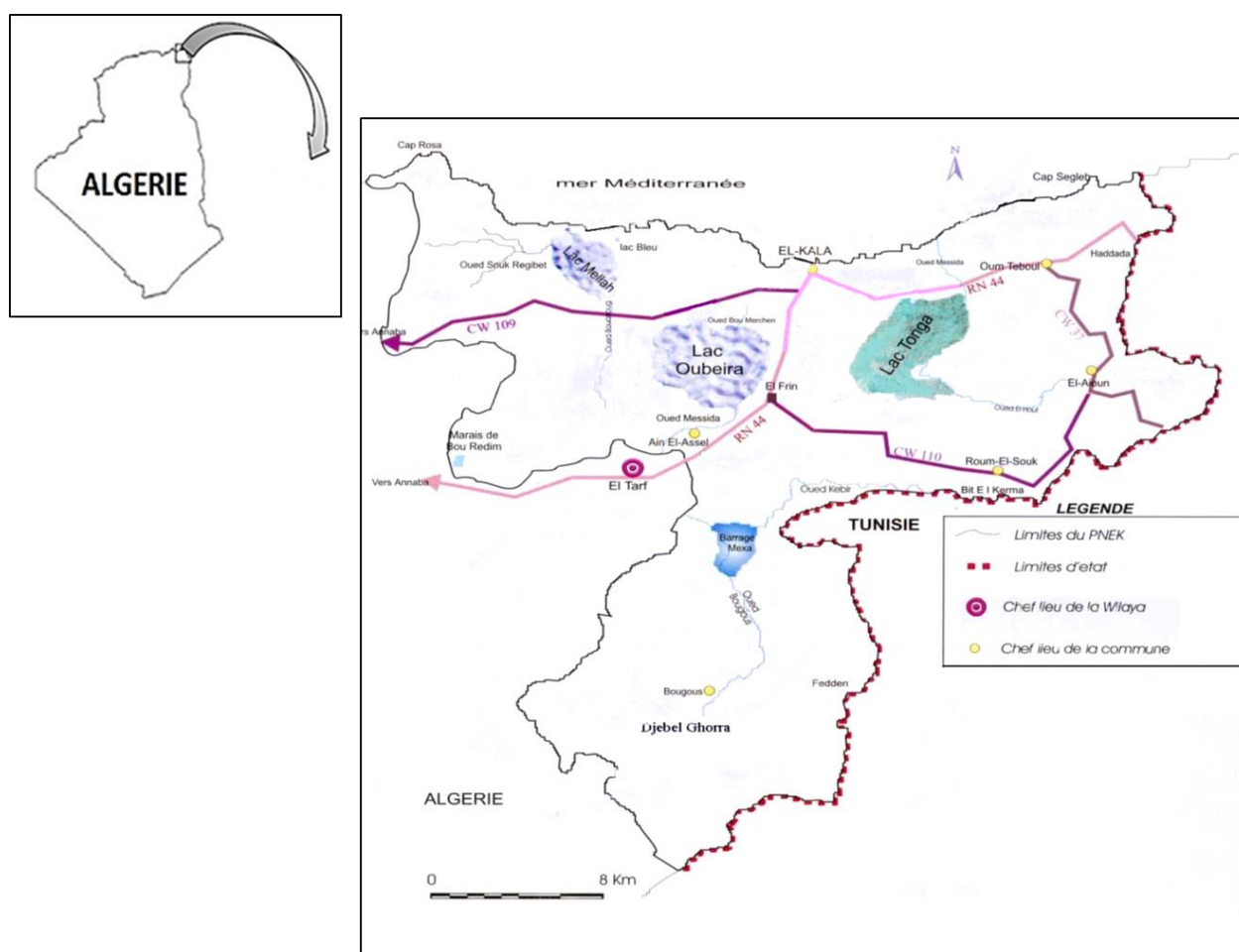


## Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

### 1. Méthodes d'étude de l'écologie de la reproduction du Héron pourpré et l'Ibis falcinelle

#### 1.1. Présentation du Parc National d'El-Kala

La région d'El Kala est dominée par les écosystèmes humides constitués d'une richesse d'habitats : marins, lacustres, lagunaires, forestiers.... Cette région est caractérisée par sa réserve naturelle protégée créée par le décret n° 831462 le 23 juillet 1983. Avec une superficie de 76438 ha, le Parc National est situé dans le Nord-Est algérien. Il est limité à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Nord par la mer méditerranéenne, à l'Ouest par les marais de la Mekhada, au Sud par les contreforts du djebel El Ghorra (Figure 4). L'élévation du Parc s'étend de 700 m jusqu'au 1202 m d'altitude. Son importance écologique et scientifique a été soulignée par divers travaux (De Bélair, 1990).



## 1.2. Site d'étude

Pour étudier l'écologie de la reproduction de le Héron pourpré et l'Ibis falcinelle, on a choisi Garaet El Chatt comme un site d'échantillonnage ( $36^{\circ} 49'.81''$  N ;  $7^{\circ} 54'.68''$  E) (Figure 5). Le travail été menée au cours de la saison de reproduction 2013.

Le site d'échantillonnage El Chott est situé dans le Nord-Est algérien à l'Est de la wilaya d'Annaba (25km) ; près de la route (W 109). Il est caractérisé par une superficie de 2 ha. Ce site est distingué par une forte eutrophisation à cause de déversement des eaux usées sans aucune étape de filtrage (Figure 6).

Garaet El Chatt est dominé par une végétation constituée essentiellement de *Typha angustifolia*. Ce site est caractérisé par une accessibilité et un nombre important des nids.

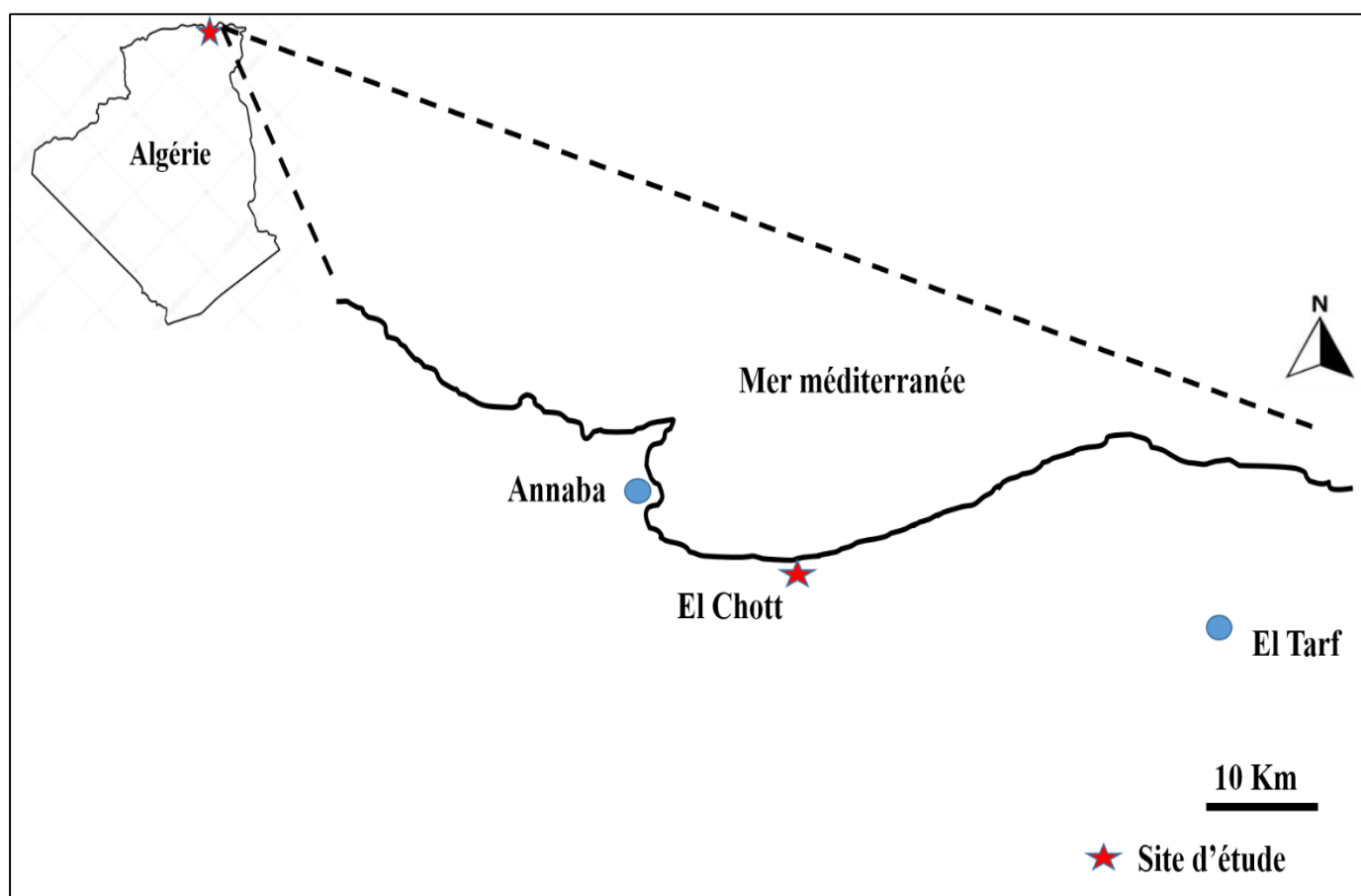


Figure 5 : Localisation de Garaet El Chatt, Nord-Est algérien.



Figure 6 : Garaet El Chatt, Nord-Est algérien.

### **1.3. Méthode de caractérisation des œufs et des nids**

Pour étudier l'écologie de la reproduction de Le Héron pourpré et l'Ibis falcinelle, tous les nids ont été enregistrés et étiquetés avec un code unique. Ainsi, tous les œufs ont été enregistrés et marqués à l'aide d'un marqueur permanent.

Les paramètres des nids enregistrés sont : le diamètre externe et interne, la hauteur des nids avec sa distance par rapport à l'eau et la profondeur d'eau. Egalement, la hauteur de végétation ainsi que sa densité ont été enregistrées. La longueur et la largeur des œufs ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse (précision 0,01 mm) alors que les autres paramètres sont mesurés à l'aide d'un décimètre. Concernant le volume des œufs ( $V$ ) en  $\text{cm}^3$ , il a été calculé basant sur la formule :

$$V = 0,51 * L * B^2$$

L : représente la longueur en mm

B : représente le diamètre maximum en mm (HOYT, 1977).

### **1.4. Méthodes d'évaluation des paramètres démographiques**

#### **1.4.1. Phénologie de la ponte**

Durant la saison de reproduction, les visites ont été réalisées du mois de Mars jusqu'au mois de Juin, dont 2 visites chaque semaine. La période d'étude de l'Ibis falcinelle a été étalée du 04 avril 2013 jusqu'au 06 Juin 2013. Pour le Héron pourpré, les visites ont été commencées le 19 mars jusqu'au 15 mai.

#### **1.4.2. Grandeur de la ponte**

La grandeur de ponte a été notée, elle représente le nombre d'œufs total qu'une femelle peut pondre lors d'une nichée.

### **1.5. Méthode d'étude de la stratification verticale des nids**

Le total des nids a été utilisé pour analyser la distribution verticale des nids. La hauteur de végétation ; où les nids ont été déposés ; a été mesurée à l'aide un décimètre pour déterminer les hauteurs préférées par ces deux espèces pour la construction des nids.

### **1.6. Méthode d'étude du succès de reproduction**

#### **1.6.1. Succès d'éclosion**

Le rapport du nombre d'œufs éclos sur la grandeur de ponte a été mesuré pour déterminer le succès d'éclosion pour chaque espèce étudiée.

### **1.7. Traitements statistiques**

Les paramètres des œufs et des nids des deux espèces étudiées ont été présentés sous forme de moyennes  $\pm$  écarts-types.

Des corrélations et des régressions linéaires ont été effectuées entre les paramètres abiotiques (le diamètre externe et interne des nids, la hauteur des nids et sa distance par rapport à l'eau, la profondeur d'eau, la hauteur de végétation ainsi que sa densité) et les

paramètres biotiques (le volume des œufs, la grandeur de ponte, le succès d'éclosion). Pour toutes ces analyses on a utilisé le logiciel R 3.3.2.

## 2. Méthode d'étude du comportement de repos de l'Héron garde-bœufs

### 2.1. Présentation du site d'étude

L'étude a été réalisée à Berrihane, El Taref, dans le Nord-Est de l'Algérie, à environ 40 km de la frontière tunisienne et à 4 km au Sud de la mer Méditerranée (Figure 7). Les sites de repos de *Bubulcus ibis* dans la région sont principalement constitués de grands arbres (hauteur de 10 à 40 m) d'*Eucalyptus globulus*. En fait, nous avons sélectionné trois arbres (36.8426 ° N, 8.0623 ° E) près de la route nationale W109 au Nord-Est du marais de Mekhada, une zone humide de 8900 ha classée IBA et représente la deuxième plus grande zone humide du pays. Cette zone humide est connue pour abriter un grand nombre d'oiseaux d'eau hivernants (environ 30000 oiseaux), y compris *Marmaronetta angustirostris* et des oiseaux aquatiques nicheurs tels que *Aythya nyroca* et *Oxyura leucocephala* (Bird Life International 2019). Cette espèce a connu une expansion rapide dans le pays (Si Bachir *et al.*, 2011).

Egalement, elle est connue pour hiverner et se reproduire abondamment dans cette région (Si Bachir *et al.*, 2000). Dans les arbres choisis comme sites de repos, seulement cette espèce a été enregistrée.

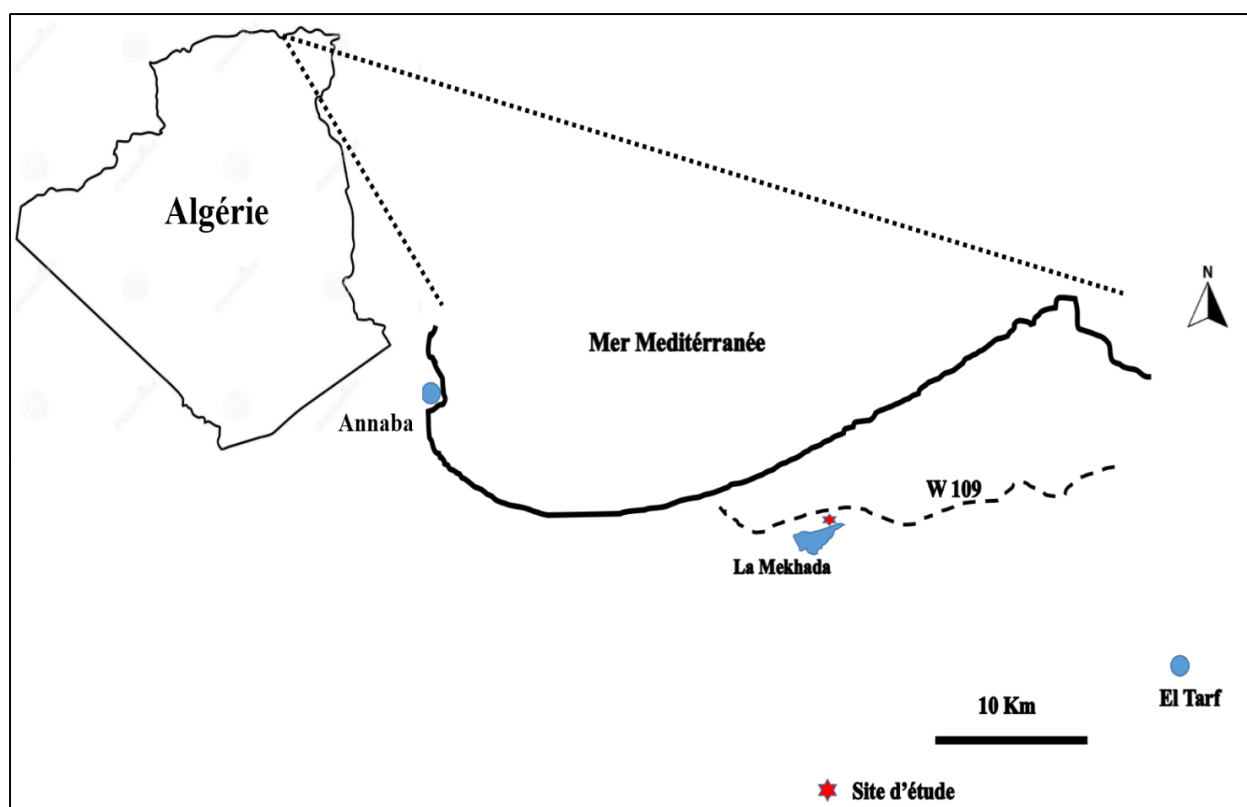


Figure 7 : Localisation du site Berrihane, El Taref, Nord-Est algérien.

## 2.2. Hypothèses émises

Le climat affecte de nombreux facteurs utilisés par ces oiseaux pour décider (Richardson 1978, Elkins 2010) et détermine le temps approprié à la recherche de nourriture, à la répartition des individus et probablement le moment choisi pour prendre le repos.

Dans cette étude, nous supposons que le climat ne change pas le nombre d'individus sur le site de repos, mais influence le taux et le moment des arrivées, de sorte que plus le temps est beau, plus l'arrivée sur le site de repos est synchronisée (Figure 8). En ce qui concerne le moment choisi, le mauvais temps peut guider les individus à se reposer plus tôt car la disponibilité de nourriture est plus faible. Il est également probable que le taux de rassemblement soit plus élevé pendant le mauvais temps, car les individus tentent d'occuper des zones protégées.

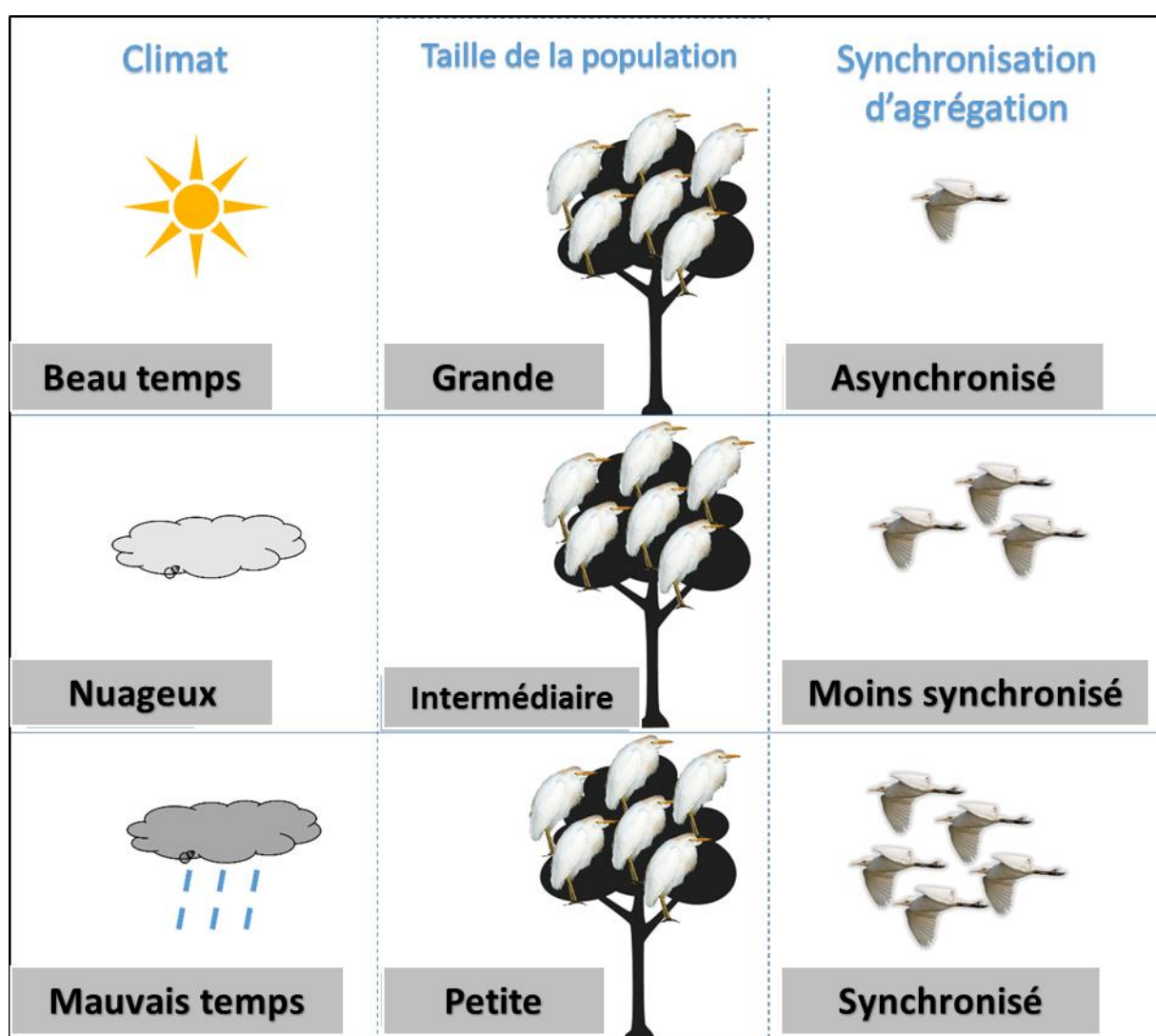


Figure 8 : Effets potentiels des conditions météorologiques sur la taille de la population dans les sites de repos et synchronisme du rassemblement pendant le repos de l'Hiron Garde Bœufs

### **2.3. Taille de la population, temps de repos et durée d'arrivée et taux d'arrivée sur le site de repos (Échantillonnage comportemental)**

Nous avons enregistré le nombre d'individus et le moment du rassemblement sur le site de repos de 16h00 à 20h00 entre le 24 décembre 2013 et le 20 avril 2014 pendant 22 visites d'échantillonnage. Nous sommes restés à environ 40 m de l'arbre. Généralement, le nombre d'individus était facile à estimer à l'œil nu puisque ces oiseaux venaient par troupeaux. Nous avons également enregistré l'heure à laquelle le troupeau est arrivé. Donc, on a pu estimer l'heure de la première et de la dernière arrivée et la durée du rassemblement sur le site de repos (heure de la dernière arrivée - heure de la première arrivée). Ce dernier est une mesure relative de la coordination du comportement de repos chez l'*Bubulcus ibis*. En divisant le nombre de l'*Bubulcus ibis* enregistré pendant chaque visite d'échantillonnage par la durée des arrivées (occupation du site de repos), nous avons calculé le taux de rassemblement des individus sur le site de repos.

Comme le climat peut affecter le comportement collectif de repos de cette espèce, nous avons enregistré le temps à chaque visite d'échantillonnage. Le climat a été classé en trois catégories : (1) beau temps quand le ciel était principalement bleu, pas de nuages significatifs et pas de vent, (2) temps nuageux quand le ciel était nuageux, faible pluie et / ou vent assez rapide, et (3) le mauvais temps quand il pleuvait, le ciel était nuageux et / ou le vent était rapide.

### **2.4. Traitements statistiques**

Pour l'étude du comportement de repos de l'*Bubulcus ibis*, toutes les analyses statistiques ont été réalisées en R 3.3.2 (R Development Core Team 2019). L'effet de la saison (variable continue) et du climat (variable catégorique) ont été testé sur la taille de la population sur le site de repos, la durée des arrivées, l'heure de la première arrivée, l'heure de la dernière arrivée et le taux des individus par l'ANOVA incluant les deux effets principaux et leur interaction. Les valeurs ont été présentées sous forme une moyennes  $\pm$  SD.

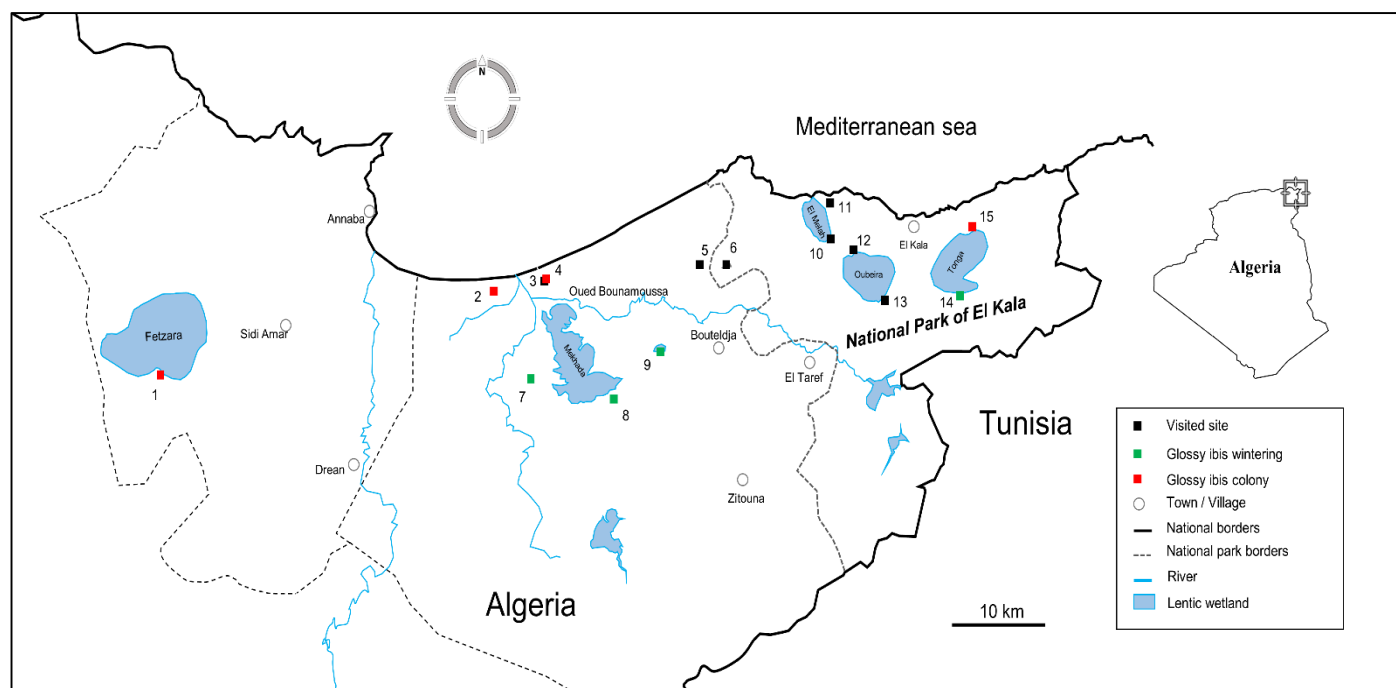
### **3. Méthode d'étude de l'occupation et de l'abondance de l'Ibis falcinelle pendant l'hivernage et la nidification dans le Nord-Algérien : effets climatiques**

#### **3.1.Site d'étude**

Notre étude a été menée dans les principales zones humides lenticues du Nord-Est de l'Algérie, et plus particulièrement en Numidie, entre Annaba (lac Fetzara) et El Kala (lac Tonga). La plupart des sites se trouvent dans le parc national d'El Kala, connu pour sa productivité élevée et sa diversité d'oiseaux d'eau (Skinner & Smart 1984, Stevenson et al. 1988) (Figure 9). Parmi les sites les plus importants, le lac Tonga (2600 ha), le marais Mekhada (8900 ha) et le lac Oubeira (2200 ha), qui abritent des populations importantes d'oiseaux aquatiques hivernants et reproducteurs, notamment le rare canard Irismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et les oiseaux canards ferrugineux (*Aythya nyroca*).

Le climat est typiquement méditerranéen avec une courte période humide d'octobre à février et une longue saison sèche entre mars et septembre. Dans la région, les températures ne descendent généralement pas en dessous de 0 ° C avec une moyenne annuelle de 17,7 ° C (14,7-20,7 ° C) et les précipitations sont plus humides que la plupart des autres régions d'Afrique du Nord avec 1300 mm par an.





**Figure 9 :** Carte des sites d'étude des Ibis falcinelle dans le Nord de l'Algérie. Les sites d'hivernage et les colonies de reproduction sont représentés.

### 3.2.Procédure d'échantillonnage

En 2011-2019, nous avons visité 15 sites d'alimentation potentielle tous les deux mois pendant la saison d'hivernage, de décembre à avril (tableau 1). Le nombre d'individus a été compté à l'aide d'un télescope à une distance de 150 à 200 m le matin et le début de l'après-midi (10h00 à 16h00). Quand l'espèce cherche activement l'alimentation. Elle se nourrit en petits groupes (un faible degré de regroupement), ce qui facilite le dénombrement (Frederick & Bildstein 1992). Généralement Les groupes étaient pour la plupart monospécifiques.

Au cours de la saison de reproduction, nous avons d'abord détecté les sites de reproduction de l'espèce en visitant un ensemble de zones humides (N = 10) chaque semaine entre avril et juillet 2011-2019. L'espèce est facilement détectable pendant la saison de reproduction car les individus effectuent de fréquents vols rituels autour du site de reproduction avant ou pendant la construction du nid. Les restent perchés sur les arbres à la limite du site de

reproduction pendant la saison de reproduction et effectuent des allers et retours réguliers pendant l'alimentation des poussins (Custer & Osborn 1978).

Une fois qu'un site de reproduction a été détecté, nous avons effectué trois visites à l'intérieur de la zone humide pour compter le nombre de nids. Nous avons exploré une zone de 1 ha à partir du premier nid que nous avons rencontré. Nous avons utilisé cette méthode en raison de notre connaissance préalable du comportement de nidification de l'espèce, où les nids sont généralement regroupés dans un point chaud situé dans le plan d'eau, avec d'autres échassiers, tels que le Héron Garde Bœuf (*Bubulcus ibis*), l'aigrette (*Egretta garzetta*) et le Héron cendré (*Ardea purpurea*) (Burger & Miller 1977, Amezian *et al.*, 2012). Ainsi, nous estimons que notre évaluation du nombre de nids dans les sites de reproduction était assez représentative de la taille réelle de la colonie, à l'exception du lac Fetzara où la densité des roseaux et la grande surface nous empêchaient d'accéder aux différentes parties de cet immense marécage et de mener une étude de comptage exhaustive. Néanmoins, les dénombrements individuels sur les sites de reproduction avant la saison de reproduction n'indiquaient pas une sous-estimation considérable de la taille de la colonie.

### 3.3. Analyses statistiques

Nous avons effectué notre analyse statistique avec le logiciel R 3.5.4 (R Development Core Team 2019). Nous avons effectué une corrélation de spearman entre le nombre de couples nicheurs à Dakhla et El Chatt afin de révéler les relations potentielles et d'inférer les transitions (extinction dans un site et colonisation de l'autre).

Le pattern temporel du nombre d'individus dans les aires d'alimentation (hivernage) et du nombre de couples dans les sites de reproduction a été évalué à l'aide d'un modèle à effets mixtes avec les années et les sites comme effets fixes (y compris une interaction bidirectionnelle) et la date comme effet aléatoire.

Nous avons évalué l'effet des paramètres climatiques sur l'abondance des ibis brillants dans les sites d'alimentation en utilisant un modèle généralisé à effets mixtes avec la distribution des erreurs de Poisson, la température, les précipitations et les sites sous forme d'effets fixes (avec des interactions à deux et tri directionnelles), ainsi que l'année et la date sous forme d'effets aléatoires avec le package lme4 (Bates *et al.*, 2015). Les valeurs ci-après sont moyennes  $\pm$  SD.

# **CHAPITRE 3 :**

# **RESULTATS**

---

Chapitre 3 : Résultats

**1. Répartition générale des espèces étudiées dans quelques sites de la Numidie Orientale Nord-Est de l'Algérie :**

Des progrès dans la compréhension d'hivernage et de nidification de plusieurs espèces d'oiseaux en Afrique du Nord ont été réalisés, mais une bonne connaissance de la distribution et l'écologie de reproduction qui peut guider les efforts de conservation est encore difficile à cerner. Tableau 1 résume la répartition, sites de nidification, et le statut selon de l'IUCN des espèces étudiées dans quelques sites de la Numidie Orientale nord-est de l'Algérie.

Tableau 1 : Répartition, sites de nidification, et statut de (*Plegadis falcinellus*, *Bubulcus ibis* et *Ardea purpurea*) dans quelques sites de la Numidie Orientale Nord-Est de l'Algérie. Les deux valeurs 1 et 0 représentent : reproduction ou non respectivement. LC : préoccupation mineure.

Site	<i>P. falcinellus</i>	<i>A. pupurea</i>	<i>B. ibis</i>
Lac Tonga	1	1	1
El chatt	1	1	1
Dakhla	1	0	1
Lac Bleu	0	0	1
Lac Noir	0	0	1
Lac des oiseaux	0	0	1
La Mekhada	0	0	1
Statu IUCN	LC	LC	LC

## 2. Écologie de la reproduction de de l'Ibis falcinelle

### 2.1. Caractéristiques des œufs et des nids

Afin de suivre la biologie de la reproduction de l'Ibis falcinelle durant la saison d'étude 2013, un total de 162 œufs a été examiné (38 nids) à El Chott, Nord-Est algérien. Les caractéristiques des œufs et des nids sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques des œufs, des nids et des sites des nids de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013 (Moyenne  $\pm$  Ecart-type)

Caractéristiques des œufs		Caractéristiques des nids et de leurs sites	
Total	162	Total	38
Longueur (mm)	50,59 $\pm$ 3,03	Diamètre externe (cm)	46,46 $\pm$ 8,65
Largeur (mm)	36,51 $\pm$ 1,88	Diamètre interne (cm)	31,62 $\pm$ 7,73
Volume (cm <sup>3</sup> )	34,42 $\pm$ 5,30	Hauteur des nids (cm)	18,20 $\pm$ 7,39
Grandeur de ponte	4,31 $\pm$ 0,92	Hauteur de végétation (m)	1,43 $\pm$ 0,60
		Densité de végétation (%)	28,98 $\pm$ 23,35
		Distance nid-eau (m)	8,48 $\pm$ 7,54
		Profondeur d'eau (cm)	54,59 $\pm$ 11,84

La longueur des œufs est variée entre un maximum de 58,29 mm et un minimum de 42,36 mm. Alors que la valeur maximale et minimale de la largeur est 46,50 mm et 32,55 mm, respectivement. Ainsi, la valeur la plus élevée du volume des œufs est variée entre (62,57 cm<sup>3</sup> et 52,2 cm<sup>3</sup>).

Le diamètre externe des nids de l'Ibis falcinelle, varie entre 30 et 65 cm, et les variations inter-individuelles sont importantes. Les valeurs du diamètre interne des nids paraissent assez proches. Elles varient entre 15 et 48 cm, dont les majorités des nids 70% ont des valeurs proches, les variations inter-individuelles ne semblent pas importantes.

La hauteur enregistrée des nids varie entre un maximum de 40 cm et un minimum de 5 cm.

Concernant le matériel végétal et la sélection du support végétal, l'espèce utilise 100% l'espèce *Typha angustifolia* comme habitat pour la construction des nids. Cette végétation

constitue le support idéal avec une densité préférée de  $28,98 \pm 23,35\%$ , et une hauteur qui varie entre 3 et 0,5 m. Les nids sont déposés près de l'eau avec un intervalle de distance de 0,5 à 30 m.

### 2.2. Phénologie de la ponte

Durant la saison de reproduction, 18 visites ont été réalisées afin de suivre la ponte de 38 nids. La ponte est commencée le 04 avril et s'est étalée jusqu'au 06 juin 2013, soit une période de ponte de **62** jours. Le pic de la ponte a eu lieu le 17 avril (15 nids) (figure 10).

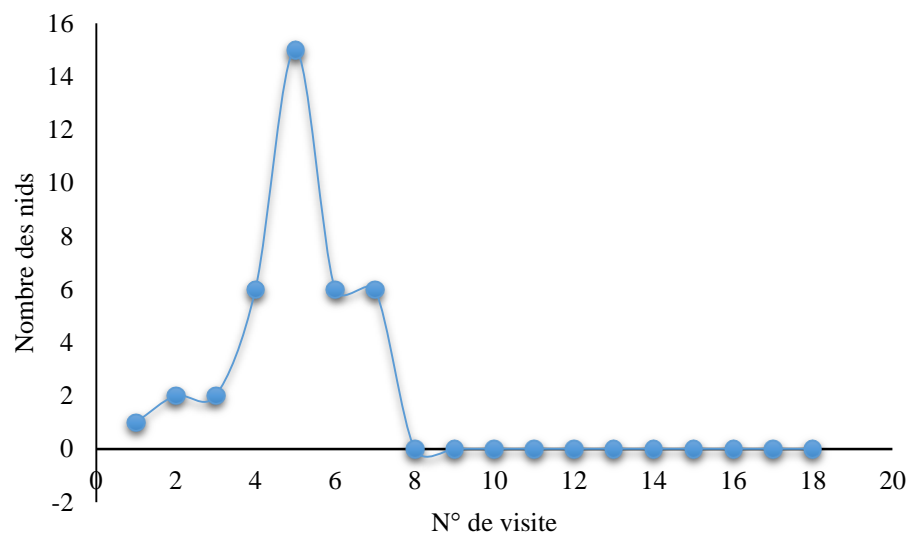


Figure 10 : Phénologie de la ponte de l'Ibis falcinelle à El Chott pendant la saison d'étude 2013.

### 2.3. Grandeur de ponte

Durant la saison d'étude, la grandeur de ponte varie entre 2 et 6 œufs. La ponte la plus fréquente est de 4 œufs avec un pourcentage de 50,82% (Figure 11).

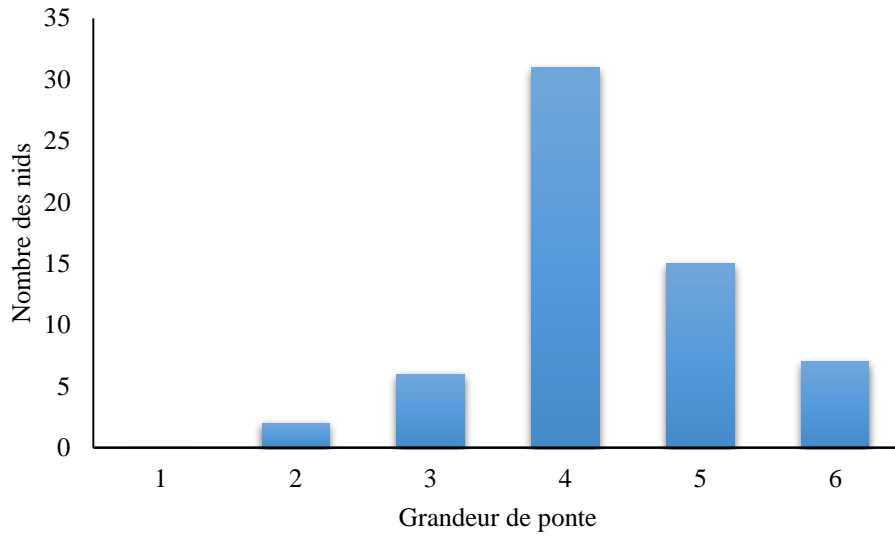


Figure 11 : Grandeur de pont de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013.

Pendant la saison de reproduction, une diminution saisonnière significative de la grandeur de pont a été enregistrée ( $P=0,01$ ,  $R^2= 0.1172$ ) (figure 12).

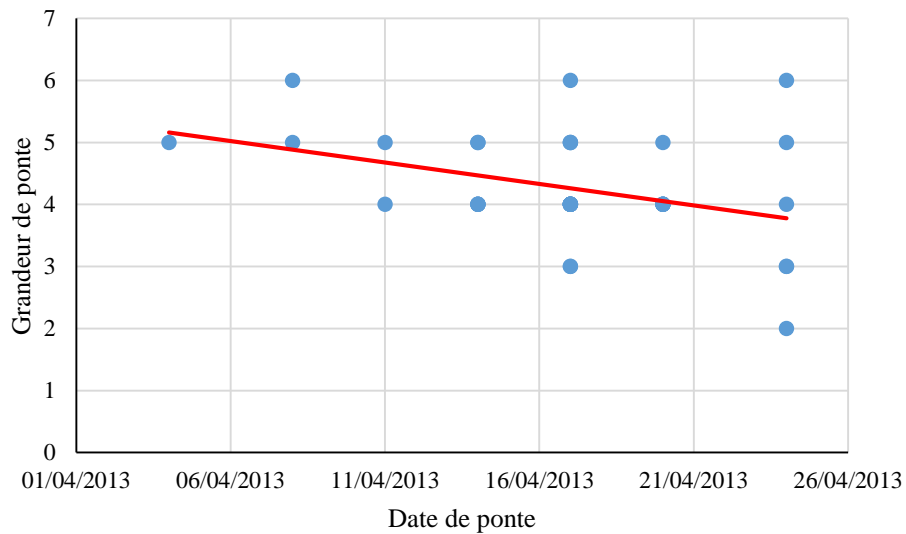


Figure 12 : Diminution saisonnière de la grandeur de pont de l'Ibis falcinelle à El Chott durant l'année 2013.

La figure 13 montre que la profondeur d'eau n'a pas un effet significatif ( $P=0.759$ ,  $R^2=-0.02506$ ) sur la grandeur de pont.



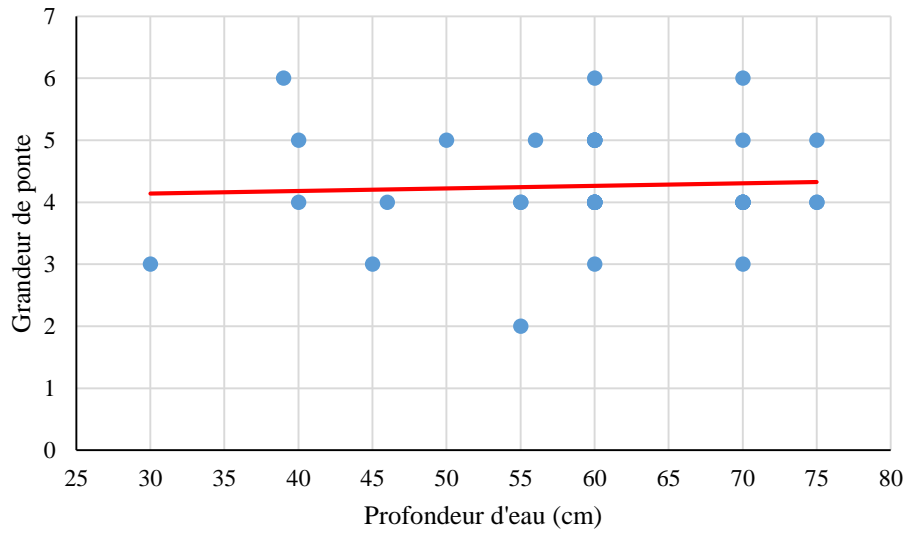
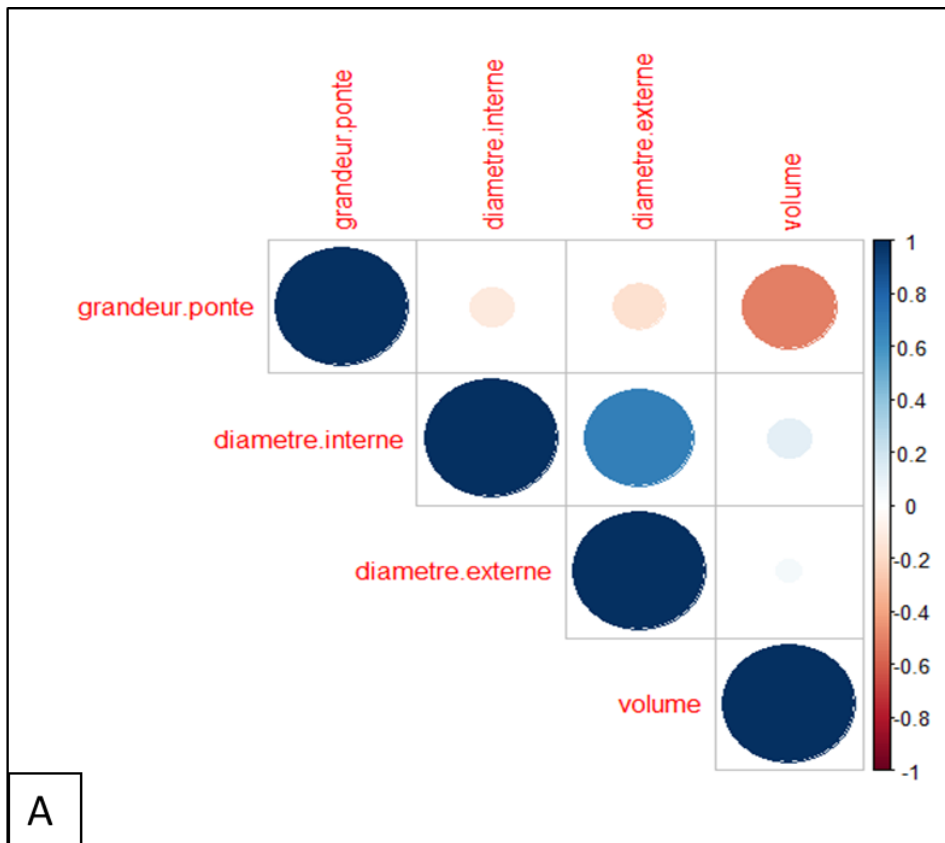


Figure 13 : Effet de la profondeur d'eau sur la grandeur de ponte de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013.

La grandeur de ponte ainsi que le volume des œufs ne varie pas en fonction des diamètres des nids (figure 14).



A



Figure 14 : Relation de la grandeur de ponte et du volume des œufs avec le diamètre interne et externe des nids de l’Ibis falcinelle à El Chott en 2013.

A : Présentation avec nuance de couleur ; B : Présentation avec signification statistique

#### 2.4.Stratification verticale des nids

Un total de 38 nids a été utilisé pour analyser la stratification verticale des nids à El Chott en 2013. Généralement, les nids ont été construits à une hauteur moyenne de  $18,20 \pm 7,39$  cm et avec un maximum de 40 cm. En effet, 58% des nids ont été construits à une hauteur qui varie entre 5 et 20 cm, alors que le reste des nids (42%) sont construits à une hauteur élevée (20 - 40 cm).

#### 2.5. Succès de reproduction (Succès d’éclosion)

Un total de 162 œufs pondus, seulement 153 œufs ont été éclos avec succès (94,44 %) et 9 œufs ont été prédatés (5,55%). La hauteur des nids n’a aucun effet sur le succès d’éclosion ( $P=0.113$ ,  $R^2= 0.04223$ ) (Figure 15).

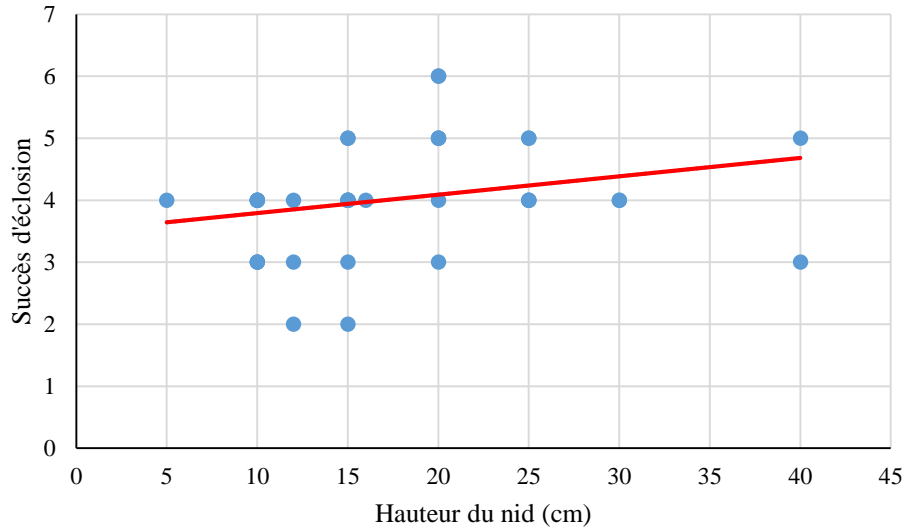


Figure 15 : Effet de la hauteur des nids sur le succès d'éclosion des œufs de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013.

Par contre, la grandeur de ponte affecte positivement et d'une façon très significative le nombre des œufs éclos de cette espèce ( $P=0.0001$ ,  $R^2= 0.7753$ ) (Figure 16).

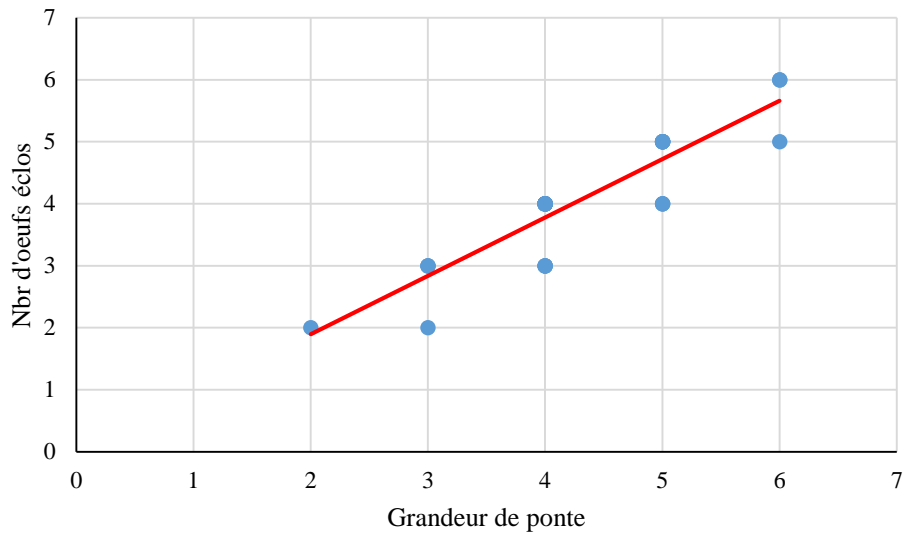


Figure 16 : Effet de la grandeur de ponte sur le nombre d'œufs éclos de l'Ibis falcinelle à El Chott en 2013.

### 3. Écologie de la reproduction de de l'Héron pourpré

#### 3.1. Caractéristiques des œufs et des nids

Pendant la saison de reproduction 2013, un total de 34 nids de l'Héron pourpré a été suivi. Les caractéristiques des œufs (156) et des nids sont récapitulées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques des œufs et des nids de l'Héron pourpré à El Chott, Algérie en 2013 (Moyenne  $\pm$  Ecart-type)

Caractéristiques des œufs		Caractéristiques des nids et des sites de nids	
Total	156	Total	34
Longueur (mm)	54,13 $\pm$ 2,49	Diamètre externe (cm)	76,22 $\pm$ 18,09
Largeur (mm)	40,84 $\pm$ 2,38	Diamètre interne (cm)	51,11 $\pm$ 14,86
Volume (cm <sup>3</sup> )	46,15 $\pm$ 6,44	Hauteur des nids (cm)	93,91 $\pm$ 39,77
Grandeur de ponte	4,59 $\pm$ 1,23	Hauteur de végétation (m)	1,50 $\pm$ 0,66
		Densité de végétation (%)	48,03 $\pm$ 25,71
		Distance nid-eau (m)	10,34 $\pm$ 7,38
		Profondeur d'eau (cm)	64,31 $\pm$ 11,83

La valeur maximale et minimale de la longueur des œufs est 61,52 mm et 42,62, respectivement. Les valeurs de la largeur varient entre 35,05 mm et 59,26 mm. Ainsi, le maximum du volume des œufs est 93,88 cm<sup>3</sup>.

Le diamètre externe est caractérisé par un maximum de 120 et un minimum de 50 cm, alors que le diamètre interne varie entre 85 et 30 cm.

Pour la végétation, l'Héron pourpré utilise l'espèce *Phragmite australis* comme support pour la construction de ses nids. La densité préférée pour l'espèce *Phragmite australis* est 48,03 $\pm$ 25,71% qui est caractérisée par un maximum d'hauteur de 3 m. Les nids sont déposés près de l'eau avec un intervalle de distance de 1,5 à 30 m.

#### 3.2. Phénologie de la ponte

Un total de 34 nids a été suivi au cours des 17 visites, dont la ponte a été commencée le 19 mars jusqu'au 15 mai 2013, soit une période de 58 jours.

La valeur maximale de ponte a eu lieu le 17/04/2013 pour un total de 9 nids (figure 17).

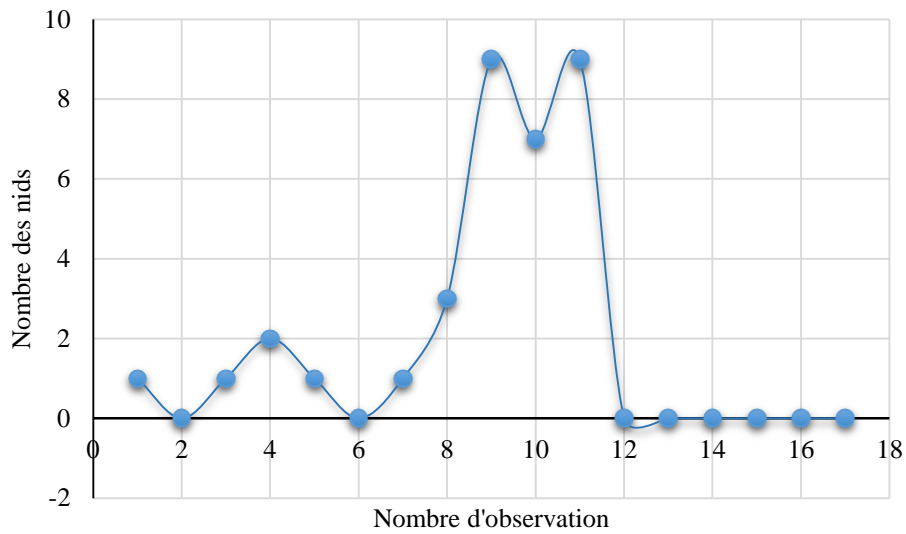


Figure 17 : Phénologie de la ponte de l’Héron pourpré à El Chott pendant la saison d’étude 2013.

### 3.3. Grandeur de ponte

La grandeur de ponte varie entre 2 et 8 œufs. La ponte la plus élevée est de 4 œufs avec un pourcentage de 38,23 % (Figure 18).

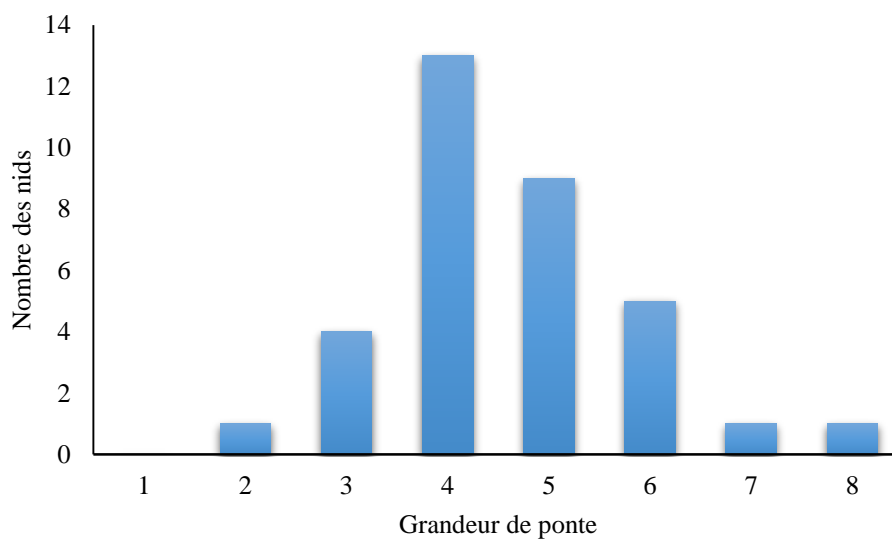


Figure 18 : Grandeur de ponte de l’Héron pourpré à El Chott en 2013.

Une augmentation saisonnière significative de la grandeur de ponte de l’Héron pourpré a été remarquée ( $P=0,01$ ,  $R^2=0,09$ ) (figure 19).

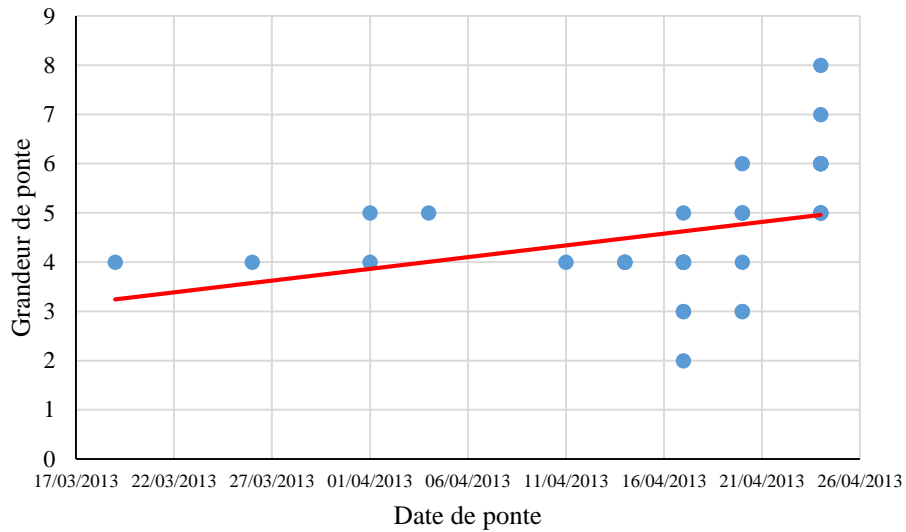


Figure 19 : Augmentation saisonnière de la grandeur de ponte de l’Héron pourpré à El Chott en 2013.

La profondeur d’eau n’a aucun effet significatif sur la grandeur de ponte (figure 20).

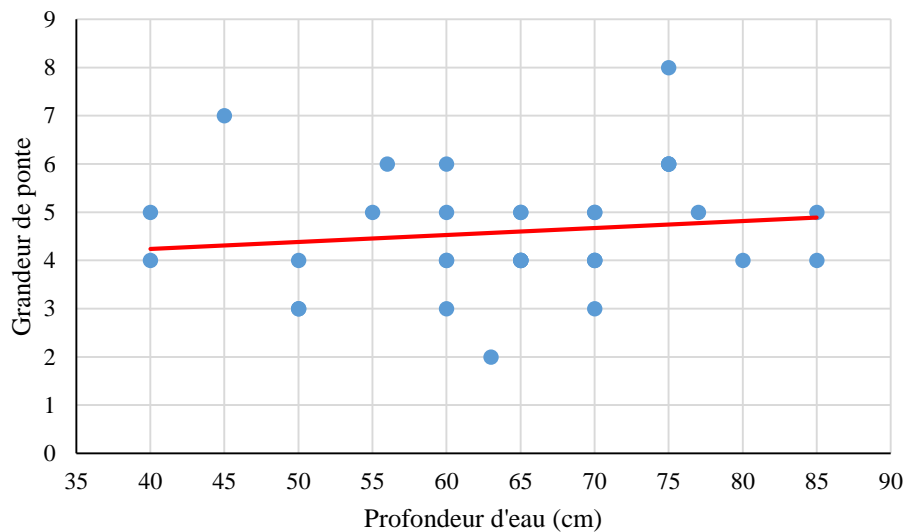


Figure 20 : Effet de la profondeur d’eau sur la grandeur de ponte de l’Héron pourpré à El Chott en 2013.

Le volume des œufs ne varie pas en fonction des diamètres des nids (interne et externe). Alors que la grandeur de ponte est significativement corrélée avec le diamètre externe ( $P=0,005$ ) et interne des nids ( $P=0,05$ ) (Figure 21).

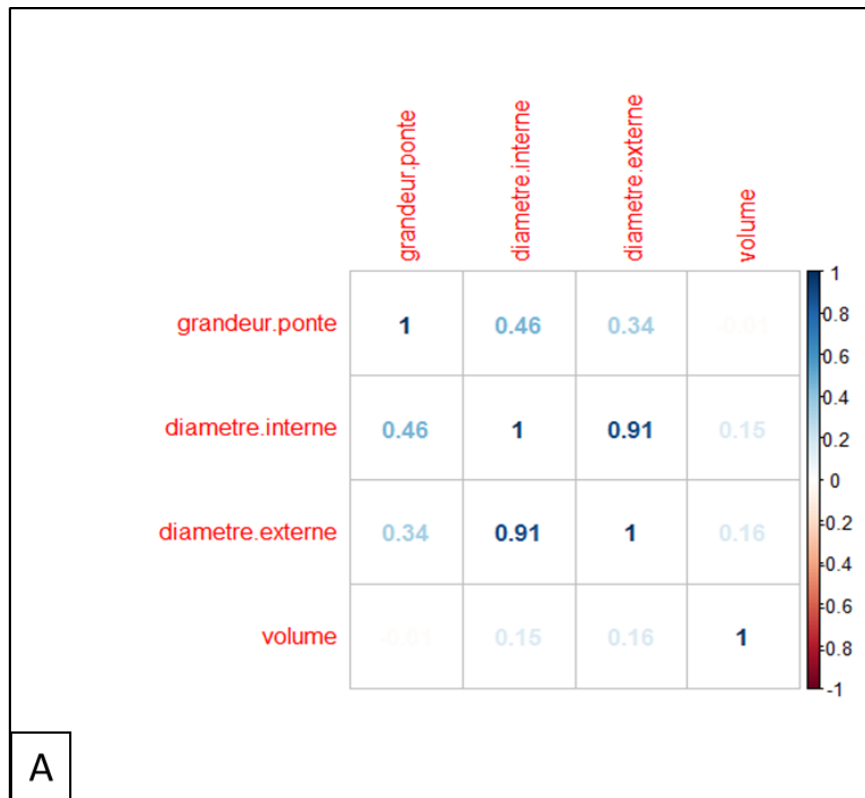
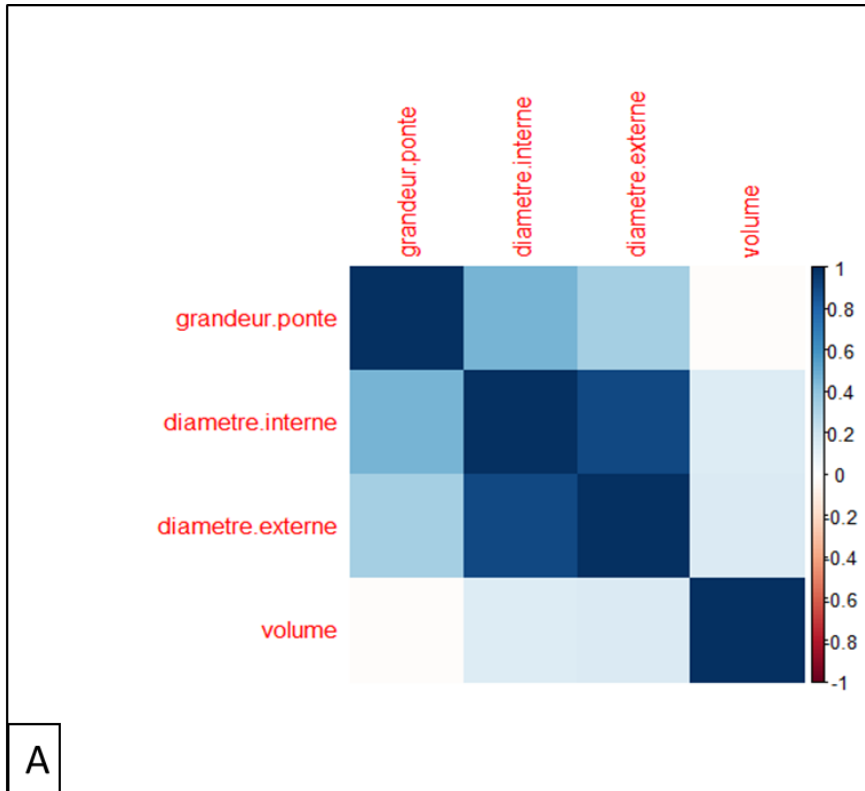


Figure 21 : Variation de la grandeur de ponte et du volume des œufs en fonction du diamètre interne et externe des nids de l’Héron pourpré à El Chott en 2013.

A : Présentation avec nuance de couleur ; B : Présentation avec signification statistique

### 3.4.Stratification verticale des nids

La distribution verticale des nids de l’Héron pourpré a été analysée en utilisant 34 nids. Les nids ont été construits à la hauteur de  $93,91 \pm 39,77$  cm.

La majorité des nids (61,76%) ont été construits à la hauteur inférieure à 100 cm, alors que 38,23% des nids ont été construits à une hauteur qui varie entre 100 et 180 cm.

### 3.5.Succès de reproduction

Parmi un total de 156 œufs pondus, seulement 127 œufs ont été éclos avec un succès de 81,41% et 29 œufs ont été prédatés (18,59%). La figure 22 montre que la hauteur des nids n’a pas un effet significatif sur le succès d’éclosion des œufs ( $P=0.31$ ,  $R^2=0.001$ ).

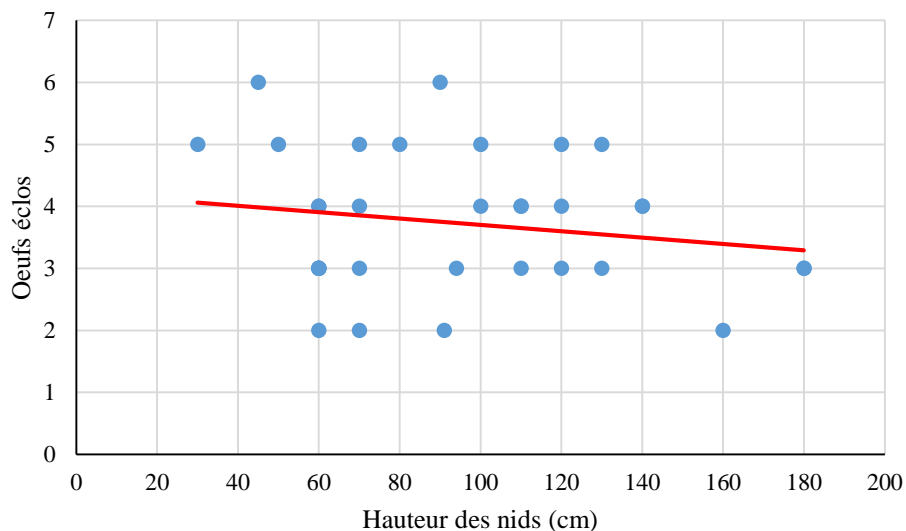


Figure 22 : Effet de la hauteur sur le succès d’éclosion des œufs de l’Héron pourpré à El Chott en 2013.

En revanche, le nombre des œufs éclos augmente significativement en fonction de la grandeur de ponte ( $P=0.0001$ ,  $R^2=0.50$ ) (Figure 23).



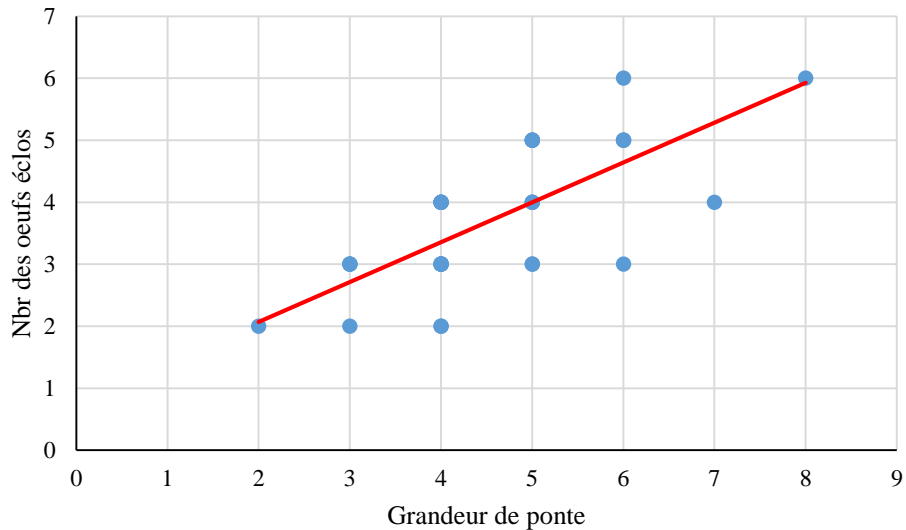


Figure 23 : Variation du nombre d’œufs éclos en fonction de la grandeur de ponte de l’Héron pourpré à El Chott en 2013.

#### 4. Etude du comportement de repos de l’Héron garde bœufs

##### 4.1. Taille de la population de *Bubulcus ibis* pendant la période de repos

La taille de la population varie entre 552 et 3744 au cours de la période de l’étude, avec une moyenne de  $2324 \pm 811,5$ . Une diminution de la taille de la population a été enregistrée pendant la saison d’hivernage (Figure 24), ce qui est confirmé par l’effet négatif important de la saison (ANOVA:  $F_{1,16} = 16,0$ ,  $P = 0,001$ ). Une interaction non significative entre le climat et la saison (ANOVA:  $F_{2,16} = 0,23$ ,  $P = 0,79$ ) montre que cette diminution de la population sur le site de repos s’est produit de la même manière, quelles que soient les conditions météorologiques. Egalement, l’effet du climat important montre que la taille de la population a varié en fonction des conditions météorologiques (ANOVA:  $F_{2,16} = 7,6$ ,  $P = 0,004$ ). En moyenne, la taille de la population était de  $2748 \pm 541$ ,  $2234 \pm 885$  et  $1603 \pm 541$  au beau temps, nuageux et au mauvais temps, respectivement.

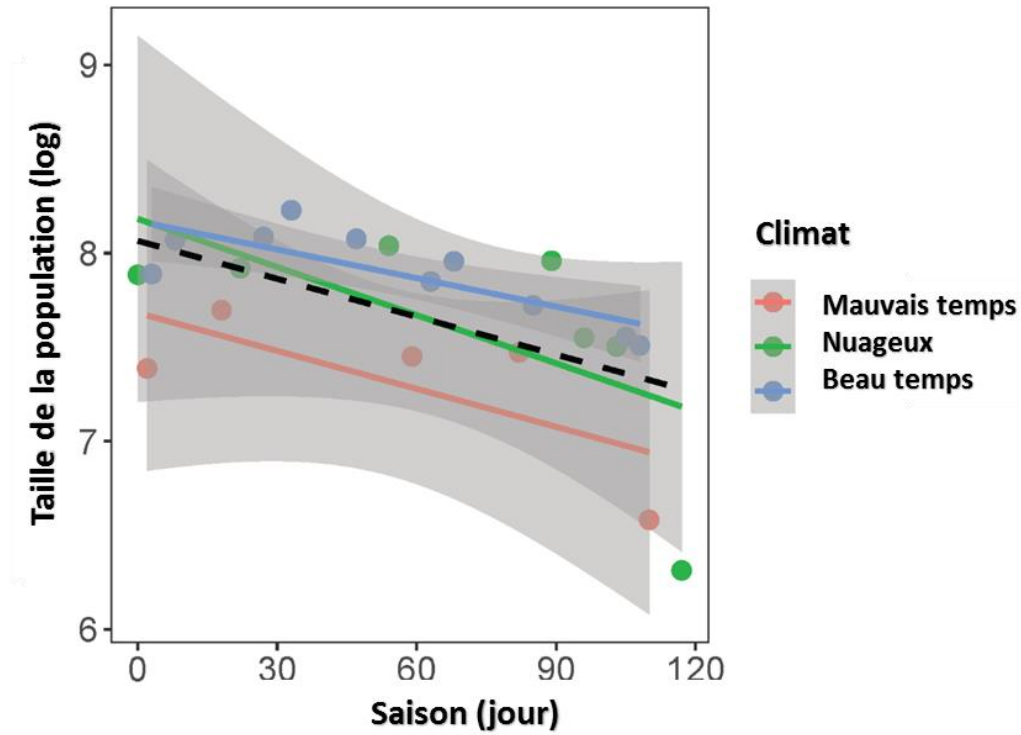


Figure 24 :Schéma saisonnier de la taille de la population (avec transformation logarithmique) sur le site de nidification l'Héron garde bœufs dans des conditions météorologiques différentes. Les lignes de régression sont linéaires simples et le ruban gris, l'erreur standard. La ligne pointillée noire représente la régression moyenne dans toutes les conditions météorologiques.

#### 4.2. Temps de repos et durée d'arrivée

L'analyse de la période de repos a été réalisée en fonction de la durée de l'agrégation et de l'heure de la première et de la dernière arrivée de cette espèce pour le repos. Pendant toute la durée de l'agrégation, l'effet positif significatif de la saison (ANOVA:  $F_{1,16} = 9,79$ ,  $P = 0,006$ ) montre que la durée des arrivées sur le site de repos a été augmentée tout au long de la saison d'hivernage (Figure 25a).

En effet, le total de la population prend  $68,2 \pm 20,86$  min ( $N = 22$ ) pour occuper le site de repos avec une augmentation de  $0,22 \text{ min} \cdot \text{d}^{-1}$  ( $R^2 = 0,18$ ,  $P = 0,04$ ) pendant toute la période d'hivernage. L'interaction non significative entre la saison et le climat (ANOVA:  $F_{2,16} = 1,04$ ,  $P = 0,37$ ) montre que le pattern de l'augmentation saisonnière est similaire durant les changements des conditions météorologiques. L'effet météorologique significatif montre qu'il

existe une condition dépendante à la durée d'agrégation (ANOVA:  $F_{2,16} = 12,3$ ,  $P = 0,0005$ ). Au mauvais temps, la durée d'arrivée était plus longue que celle pendant le temps nuageux et le beau temps. En outre, il existe une corrélation négative entre la taille de la population et la durée du rassemblement ( $t = -5,22$ ,  $df = 20$ ,  $p < 0,0001$ ), ce qui montre que les plus grandes populations sont plus synchrones.

Pour le calendrier d'arrivée, la saison a un effet positif sur la première (ANOVA:  $F_{1,16} = 43,8$ ,  $P < 0,0001$ ) et la dernière arrivée (ANOVA:  $F_{1,16} = 96,9$ ,  $P < 0,0001$ ), montrant que l'arrivée des premières et des dernières bondes d'aigrettes sur les sites de repos s'est faite progressivement à la fin de la saison d'hivernage (Figure 25b, c). En effet, les oiseaux ont commencé à occuper leur nid à 17h05 et ils sont terminés à 18h13 (heure locale). Cependant, l'interaction entre la saison et le climat n'est pas significative pendant la première et la dernière arrivée (ANOVA:  $F_{2,16} = 1,47$ ,  $P = 0,25$ ). En outre, l'effet de la saison est significatif pendant la première arrivée (ANOVA:  $F_{2,16} = 18,1$ ,  $P < 0,0001$ ) mais pas pendant la dernière arrivée sur des sites de repos (ANOVA:  $F_{2,16} = 3,25$ ,  $P = 0,06$ ). En fait, les premiers individus à occuper les sites de repos sont revenus plus tôt pendant le mauvais temps (figure 25b).

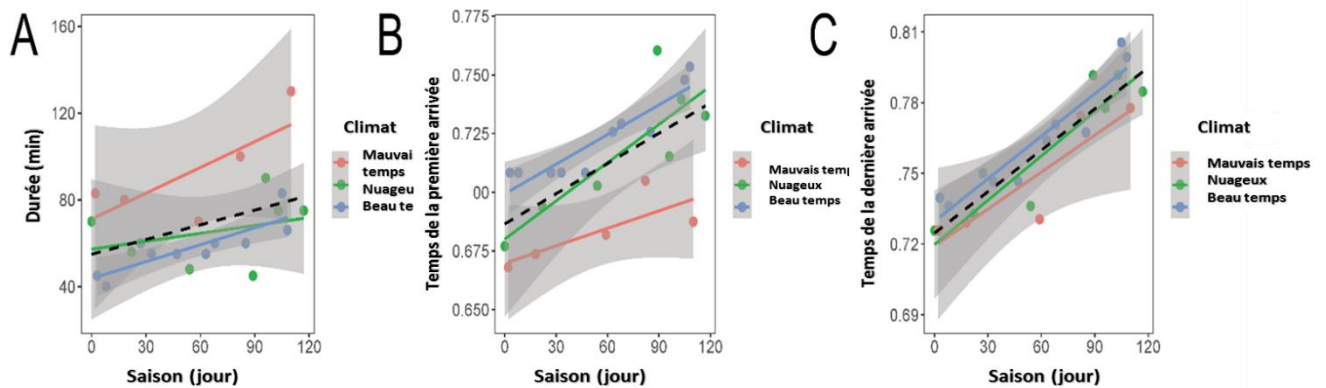


Figure 25 : Schéma saisonnier de la durée et du moment du rassemblement sur le site de repos de l'Hiron garde bœufs dans des conditions météorologiques différentes. A. Durée du rassemblement. B. L'heure de la première arrivée. C. Heure de la dernière arrivée. Les lignes de régression sont linéaires simples et le ruban gris, l'erreur standard. La ligne pointillée noire représente la régression moyenne dans toutes les conditions météorologiques. L'heure sur B et C est linéarisée.

### 4.3. Taux d'arrivée sur le site de repos

Le taux d'arrivée sur le site de repos a été calculé en divisant le nombre d'individus arrivés par le temps passé entre la première et la dernière arrivée (Figure 26). La moyenne  $\pm$  écart type du taux d'arrivée au site de repos était de  $39,3 \pm 20,98$  oiseaux  $\text{min}^{-1}$  ( $N = 22$ ). Il y avait une baisse saisonnière du taux d'arrivée d'individus dans les sites de repos (ANOVA:  $F_{1,16} = 14,8$ ,  $P = 0,001$ ). Egalement, l'interaction entre le climat et la saison n'a aucun effet significatif (ANOVA:  $F_{2,16} = 1,29$ ,  $P = 0,30$ ), ce qui montre que le gradient saisonnier du taux d'arrivée des individus était similaire dans des différentes conditions météorologiques. En effet, l'effet météorologique montre que le taux d'arrivée des individus était plus élevé au beau temps et nuageux que par le mauvais temps (ANOVA:  $F_{2,16} = 9,37$ ,  $P = 0,002$ ).

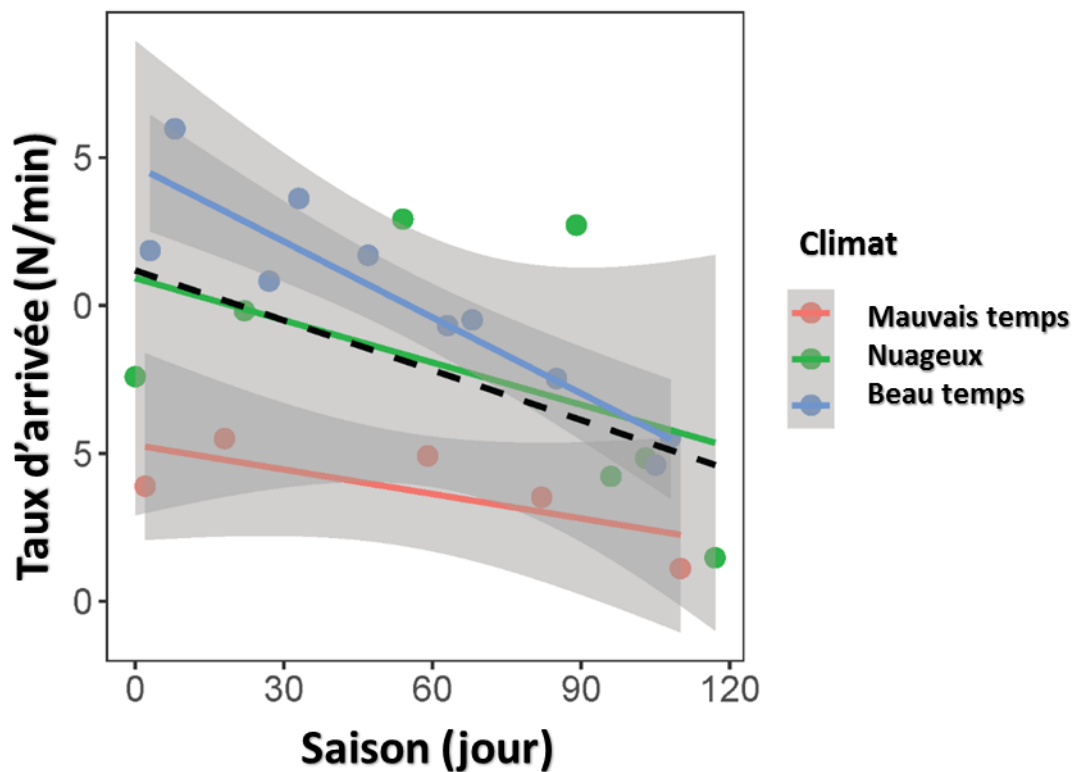


Figure 26 : Schéma saisonnier du taux d'arrivées d'individus de l'Hiron Garde Bœufs sur le site de repos dans des conditions météorologiques différentes. Les lignes de régression sont linéaires simples et le ruban gris, l'erreur standard. La ligne pointillée noire représente la régression moyenne dans toutes les conditions météorologiques.

5. Etude de l'occupation et l'abondance de l'Ibis falcinelle pendant l'hivernage et les sites de reproduction : effets climatiques

5.1. Taille de la population hivernante dans les aires d'alimentation

Nous avons identifié six zones d'alimentation principales dans la région (lac Tonga, Sidi Kaci, Berrihane et lac des oiseaux), mais nous avons évalué l'abondance bimensuelle des troupeaux sur trois sites (lac Tonga, Berrihan et Lac des oiseaux) (Figure 27).

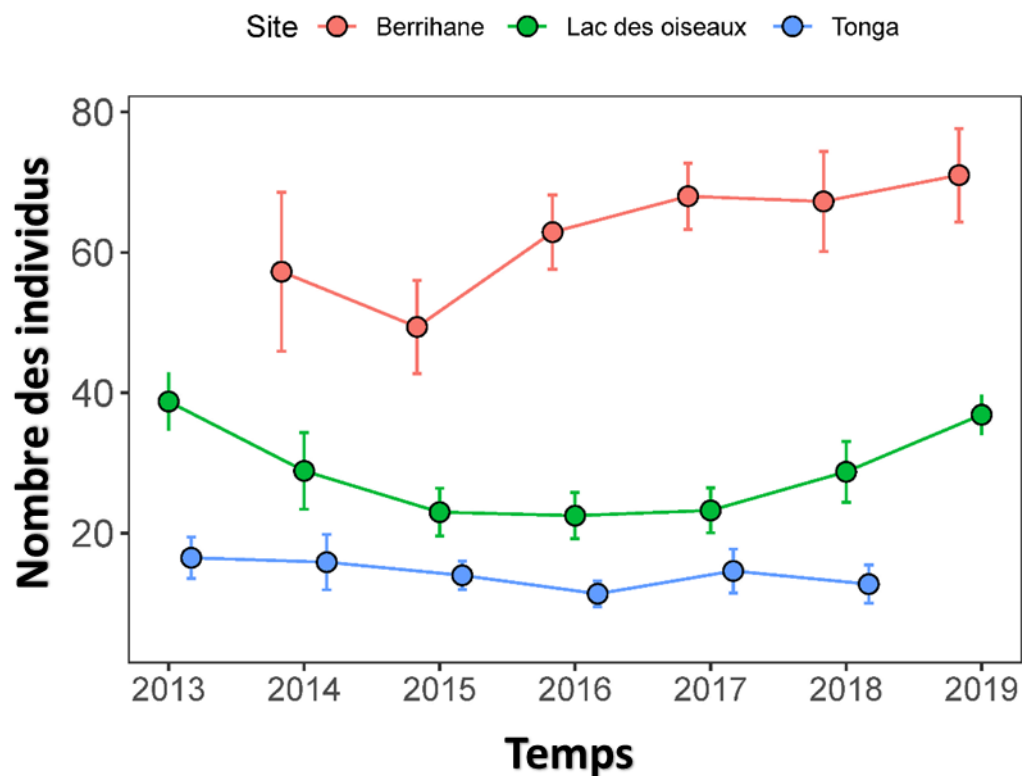


Figure 27. Nombre moyen d'individus dans les troupeaux d'hivernage de l'Ibis falcinelle dans trois sites d'alimentation (a) le lac des oiseaux, (b) Berrihane et (c) le lac Tonga dans le Nord-est de l'Algérie au cours de la période 2013-2019. Les barres d'erreur sont des erreurs standard.

Le modèle de Poisson généralisé a révélé une différence significative du nombre d'oiseaux entre les sites d'alimentation (tableau 4). Au cours des années, le nombre moyen d'ibis était de  $64 \pm 20,5$  ( $N = 56$ ) à Berrihane,  $28,9 \pm 12,1$  ( $N = 56$ ) dans le lac des oiseaux et de  $13,1 \pm 7,87$  ( $N = 56$ ) dans le lac Tonga. Fait intéressant, l'interaction significative entre le site et l'année a révélé une augmentation temporelle du nombre d'ibis en 2013-2019 dans les aires d'alimentation du lac des oiseaux et de Berrihane. Mais un déclin temporel du nombre dans le

lac Tonga. Le nombre d'ibis dépendait aussi beaucoup de la température et des précipitations, et l'effet de ces dernières dépendait du site, révélé par l'interaction significative à deux et à trois voies entre le site, les précipitations et la température.

Le lac des oiseaux et le lac Tonga présentaient des patterns similaires : les nombres les plus élevés d'ibis ont été enregistrés par temps humide et froid ou par temps chaud et sec, alors qu'à Berrihane, les nombres les plus élevés ont été enregistrés par temps froid et sec (figure 28).

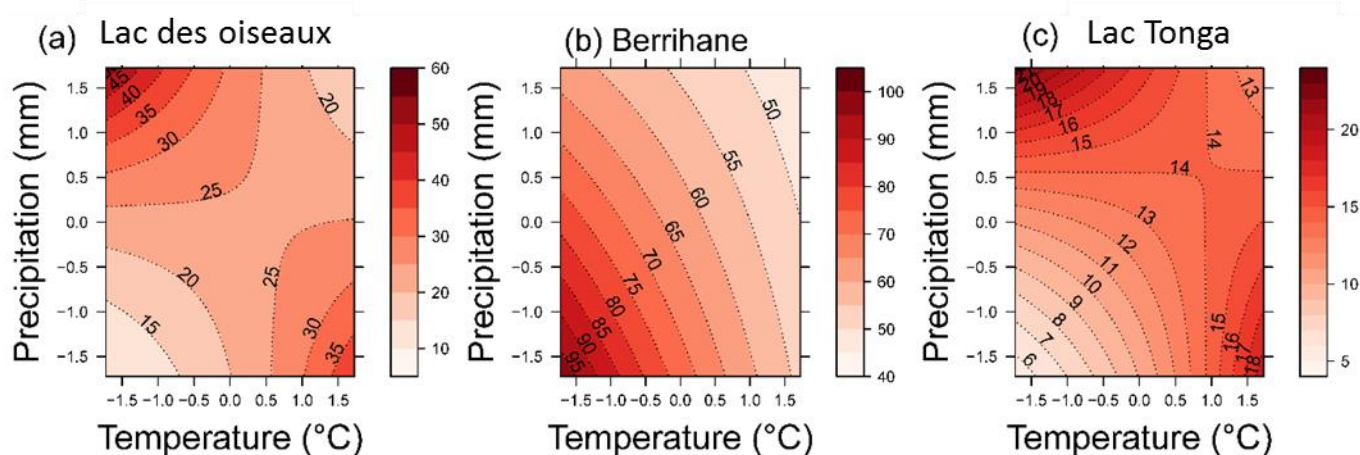


Figure 28 : Effet de la température et des précipitations annuelles sur le nombre d'individus hivernants de l'Ibis falcinelle dans les trois sites d'alimentation (a) le lac des oiseaux, (b) Berrihane et (c) le lac Tonga dans le Nord-est de l'Algérie pendant 2013-2019.

Les caractéristiques des sites d'étude ont été illustrées dans le tableau 3, ainsi que les modèles d'analyse des résultats de GLMM dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 4 : Noms des sites d'étude, coordonnées géographiques, superficie, type d'habitat, statut d'hivernage et de reproduction de l'ibis brillant (*Plegadis falcinellus*) dans le nord-est de l'Algérie. Le code présenté ici pour chaque site est celui de la figure 9.

Code	Site	Coordonnées °N	Coordonnées °E	Surface (ha)	Habitat	Hivernage	Reproduction
1	Lac Fetzara	36,754	7,524	7000	Marsh	0	1
2	El Chatt	36,830	7,912	8	Pond	0	1
3	Estah	36,844	7,983	3.6	Pond	0	0
4	Dakhla	36,845	7,987	6.2	Pond	0	1

5	El Graete	36,849	8,176	10	Pond	0	0
6	Lac Noir	36,855	8,207	2.2	Pond	0	0
7	Sidi Kaci	36,760	7,961	30	Flood plain	1	0
8	Berrihane (Lac Mekhada)	36,734	8,031	3800	Marsh	1	0
9	Lac des oiseaux	36,781	8,125	70	Pond	1	0
10	Lac Mellah	36,881	8,343	870	Salt Lake	0	0
11	Lac Bleu	36,909	8,338	2	Pond	0	0
12	Lac Oubeira N	36,865	8,364	2198	Lake	0	0
13	Lac Oubeira S	36,825	8,404	2198	Lake	0	0
14	Lac Tonga SW	36,827	8,487	2700	Lake	1	1
15	Lac Tonga NE	36,882	8,525	2700	Lake	1	0

Tableau 5 : Résumé des résultats du modèle généralisé à effets mixtes de Poisson évaluant l'effet de la température annuelle, des précipitations annuelles et du site sur le nombre d'individus dans les zones d'alimentation de l'Ibis falcinelle dans le nord-est de l'Algérie.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
<b>Intercept</b>	4.140	0.050	82.491	< 2e-16
<b>Site[Lac des oiseaux]</b>	-0.959	0.047	-20.201	< 2e-16
<b>Site[Tonga]</b>	-1.581	0.060	-26.150	< 2e-16
<b>Prec</b>	-0.086	0.027	-3.180	0.001
<b>Temps</b>	-0.131	0.030	-4.309	<0.0001
<b>Site[Lac des oiseaux]:Prec</b>	0.198	0.050	3.952	<0.0001
<b>Site[Tonga]:Prec</b>	0.232	0.064	3.620	<0.0001
<b>Site[Lac des oiseaux]:Temp</b>	0.159	0.054	2.959	0.003

<b>Site[Tonga]:Temp</b>	0.219	0.067	3.253	0.001
<b>Prec:Temp</b>	0.026	0.035	0.753	0.452
<b>Site[Lac des oiseaux]:Prec:Temp</b>	-0.244	0.062	-3.937	<0.0001
<b>Site[Tonga]:Prec:Temp</b>	-0.184	0.079	-2.321	0.020

### **5.2.Taille de la population dans les sites de reproduction**

La reproduction de l'espèce n'a été observée que dans quatre sites, soit 26,7% des sites étudiés. Notre évaluation de l'occurrence des populations nicheuses de 2011 à 2019 dans ces quatre sites a montré une chance globale de reproduction de 72%, les probabilités les plus élevées étant observées à lac Fetzara et à Dakhla (100%), suivies d'El Chatt (64%) et de Tonga (27%).

Notre enquête sur le nombre de nids dans chaque site de 2011 à 2019 a montré des différences significatives entre les sites (GLM:  $p < 0,0001$ ; tableau 3); les nombres les plus élevés à Dakhla avec  $79,5 \pm 16,6$  nids (60-105), suivis du lac Fetzara avec  $31,44 \pm 5,64$  nids (25-41), El Chatt avec  $18 \pm 18,36$  nids (0-42) et le plus bas au lac Tonga avec  $0,22 \pm 0,67$  (0-2) où seulement deux nids ont été trouvés en 2011.

La structure temporelle des populations nicheuses de 2011 à 2019 a montré des tendances différentes (figure 29, tableau 4). À Dakhla, la taille de la population est passée d'une moyenne de 62 couples en 2011-2013 à 98 couples en 2015-2017 (augmentation moyenne de 60,4%), suivie d'une légère diminution de 83 couples en 2018-2019. El Chatt, la taille de la population est passée d'une moyenne de 39 couples en 2011-2013 à une moyenne de 6,7 couples, avec une absence de reproduction en 2015, 2016, 2018 et 2019.

Compte tenu de la faible distance entre ces deux sites et de la forte corrélation négative dans le nombre de couples nicheurs (corrélation de Spearman:  $r = -0,76$ ,  $P = 0,01$ ), il est probable que les individus qui ne se sont pas reproduits à El Chatt au cours des dernières années sont passés à Dakhla. Dans le lac Fetzara, la taille de la population est restée relativement constante au cours de la période 2011-2019 (GLM: pente =  $-0,61$ ,  $p = 0,43$ ). La variation du nombre de couples nicheurs n'a pas été corrélée aux précipitations annuelles ni à la température annuelle de l'air (GLM:  $p > 0,05$ ).



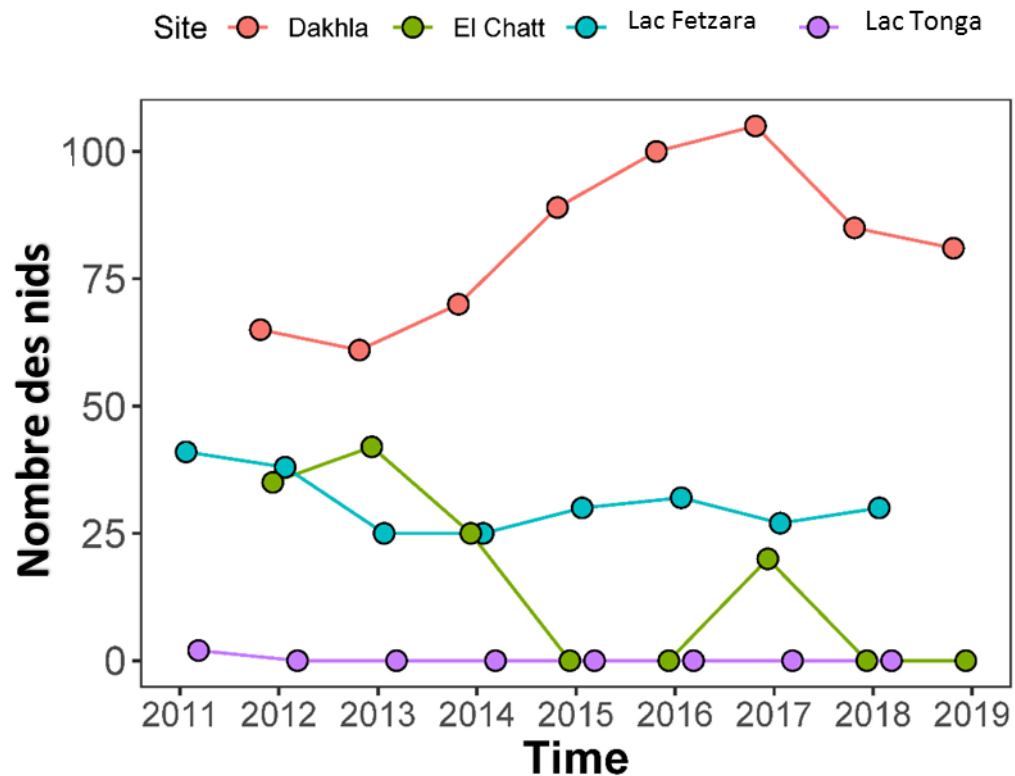


Figure 29 : Nombre total de nids dans les troupeaux d'hivernage de l'Ibis falcinelle dans les quatre sites de reproduction connus dans le Nord-Est de l'Algérie au cours de la période 2011-2019

Tableau 6 : Résumé des résultats du modèle de Poisson généralisé évaluant l'effet de l'année et du site sur le nombre d'individus dans les sites de reproduction de l'Ibis dans le Nord-Est de l'Algérie.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
<b>(Intercept)</b>	-107	29.350	-3.635	0.0002
<b>Année</b>	0.055	0.015	3.784	0.0001
<b>Site[El Chatt]</b>	836	82.640	10.114	< 2e-16
<b>Site[Lac Fetzara]</b>	149.700	54.920	2.725	0.006
<b>Site[Lac Tonga]</b>	32110	2464000	0.013	0.990
<b>Année:Site[El Chatt]</b>	-0.416	0.041	-10.128	< 2e-16
<b>Année:Site[Lac Fetzara]</b>	-0.075	0.027	-2.742	0.006
<b>Année:Site[Lac Tonga]</b>	-15.970	1225	-0.013	0.990

# **CHAPITRE 4 :**

# **DISCUSSION**

---

**Chapitre 4 : Discussions****1. Écologie de la reproduction de de l'Ibis falcinelle**

L'Ibis falcinelle a recommencé à se reproduire autour du bassin méditerranéen : Italie continentale (Brichetti 1986), Sardaigne (Grussu 1987), Tunisie (Isenmann *et al.*, 2005). Maroc (Rousseau 1994). Une forte expansion remarquable ces dernières années de l'espèce a été enregistrée en Espagne (Figuerola *et al.*, 2004) et presque stable en Algérie (Youcefi *et al.*, 2019).

De nombreuses études ont montré que la taille des œufs est une variable importante dans le cycle de vie des oiseaux qui influence les investissements dans la reproduction, survie et le succès de reproduction (Thomas 1983; Stokland & Amundsen 1988; Rutkowska & Cichon 2005).

Dans notre étude, la taille de l'œuf était similaire à ceux d'Annaba dans le même site (Boucheker 2009), et plus grand que les populations qui se nichent en Amérique (Davis Jr *et al.*, 2000), suggérant qu'il y a un pattern géographique.

Plusieurs études ont montré que chez les oiseaux, la taille de la ponte varie avec les années (Perrins 1969), l'âge de la femelle (Desrochers & Magrath 1993) et d'autres facteurs. Nous avons enregistré que la classe modale de la grandeur de ponte de l'Ibis falcinelle a été de quatre œufs, avec une grandeur de ponte moyenne de  $4,31 \pm 0,92$  œufs. Elle était plus grande que celle enregistré dans d'autres études en Amérique du Nord (Burger 1978, Williams 1975) et presque similaire avec les études qui ont été faite en Algérie et dans le Paléarctique (Belhadj *et al.* 2007 ; Cramp & Simmons 1977). Dans notre étude un pattern de diminution saisonnière dans la taille de ponte durant la période d'étude, ce qui est conforme avec d'autres études en Algérie et en Europe (Hamlaoui *et al.*, 2016 ; Dalhaug *et al.*, 1996 ; Bengston SA 1976) est ça du peut être au changement des conditions climatiques et la disponibilité des ressources d'une année à l'autre.

Généralement la prédation et la compétition sont des sources majeures de mortalité et peuvent avoir des conséquences importantes sur la condition physique et la dynamique des populations d'un taxon à l'autre. La mortalité durant les premiers stades vulnérables de la vie de l'espèce peut avoir des effets particulièrement importants sur les populations, mais les taux de prédation des progénitures varient considérablement d'une espèce à l'autre (Promislow &

Harvey 1990; Gosselin & Qian 1997; Martin *et al.*, 2017). La grande diversité de nids et d'autres abris fournis par les parents aux jeunes peut aider à expliquer cette variation. Par exemple, on pense que les structures de nids complexes réduisent la détectabilité du contenu des nids pour les prédateurs par rapport aux nids plus simples et plus ouverts. *L'Ibis falcinelle* niche dans des héronnières mixte avec d'autres espèces des hérons comme Héron garde bœuf (*Bubulcus ibis*), le Héron pourpré (*Ardea purpurea*), Héron cendré (*Ardea cinerea*)...etc.

La longueur et la largeur moyenne des nids de l'Ibis falcinelle mesurées à El Chatt est similaires avec les données correspondantes rapportées dans la littérature au lac Tonga (par ex : Abdenour bouchecker 2009 thèse de doctorat). La hauteur moyenne des nids échantillonnés est de 18 cm, alors que celle rapportée par Belhadj et al, 2007 au lac Tonga, Algérie est de 2,1 m, et Burger aux Etats-Unis (1978 b) de 0,3 m. Cette différence de hauteur s'explique aisément par la différence du matériel biologique (type de végétation) utilisé dont le quel notre espèce s'installe.

Nous avons constaté que l'Ibis falcinelle à El Chatt commence la ponte en moi d'Avril, et le premier œuf a été pondu dans la première semaine. En général, la date de ponte moyenne était un peu précoce à celles rapportée dans de lac Tonga, nord-est de l'Algérie et en Tunisie (Abdenour 2009 ; Ridha oui *et al.*, 2009), et précoce de deux mois par rapport à celle enregistrée en Europe (Juin – Juillet) (Heim de Balzac & Mayaud 1962). Cette différence est probablement due à une variation des conditions climatiques dans l'aire de répartition dans le Nord par rapport au Sud de l'espèce.

Dans cette étude le succès d'éclosion était 94.44 %, il était plus grand que celle enregistré au lac Tonga 89 % (Abdenour *et al.*, 2009). La cause d'échec de l'éclosion dans notre étude était principalement la prédation.

Actuellement, les populations de certaines espèces sont menacées par le simple fait que seul un nombre très restreint de zones humides du bassin méditerranéen répondent à leurs exigences écologiques pour la reproduction, l'hivernage et la migration. Il est nécessaire d'élaborer le plan local de conservation de l'espèce.

## **2. Écologie de la reproduction de de l'Héron pourpré**

Le Héron pourpré est une espèce largement répartie qui se reproduit très localement dans les zones humides (Cramp 1992, del Hoyo *et al.*, 1992). En Algérie, cette espèce niche depuis le milieu du XIXe siècle, lorsque des œufs ont été obtenus pour le lac Halloula (Heim

de Balsac & Mayaud 1962). Cependant, les sites de reproduction connus sont peu nombreux (Nedjah *et al.*, 2010). Nous essayons par la présente étude d'accroître la connaissance de l'écologie de la reproduction de cette espèce dans le nord-est Algérie et pour mieux conserver cette espèce.

Plusieurs facteurs influence la taille des œufs et la taille de ponte, par exemple : la date de ponte (Hill 1984), la disponibilité de nourriture (Boekelhdeide & Ainley 1989). La taille des œufs et la grandeur de ponte de l'Héron pourpré dans notre étude étaient similaires avec celle enregistrées au lac Tonga et Dakhla Nord-Est de l'Algérie (Nadjah *et al.*, 2010), mais elle est inférieure à des valeurs enregistrées dans le centre de la France (Ferry et Blondel 1960), Hollande (Haverschmidt 1961), et en République tchèque (Kral & Figala 1965). Suggérant un pattern géographique. Cette différence est peut-être due à la variation saisonnière d'une année à l'autre. Une augmentation saisonnière de la grandeur de ponte a été enregistrée au cours de la saison d'étude. Cette tendance d'augmentation est peut-être déterminer par des facteurs comme la condition de la femelle, parasites, période de nidification (Moller 1990), et d'autres facteurs saisonniers.

Un habitat de nidification convenable pour les oiseaux est celui qui convient physiquement (sans danger et inaccessible) (Nilsson 1984) et riche en ressources alimentaires c'est pour cela la sélection de site de nidification et la position des nids joue un rôle très important dans l'histoire de vie des espèces. Le héron pourpré ponde les œufs à une hauteur moyenne de 93.91 cm. Cette sélection de stratification verticale et similaire avec celle enregistrée au lac Tonga, nord-est de l'Algérie (Nedjah *et al.*, 2010), et inférieur comparant avec celle noté en Hollande (2 m) (vander Kooij. 1979).

Le Héron pourpré à El Chatt commence la ponte en moi de Mars, et le premier œuf a été pondu dans la troisième semaine. En général, la date de ponte moyenne était précoce de presque de un mois à celles rapportée dans de lac Tonga et Dakhla, nord-est de l'Algérie (Nadjah *et al.*, 2010), et précoce de un mois et demi par rapport à celle enregistrée en Europe (Espagne) (Gonzalez-Martin. 1994). Cette différence est probablement due à une variation des conditions climatiques dans l'aire de répartition. Le succès d'éclosion de l'héron pourpré était 81,41 %, il était plus grand que celle enregistré au lac Tonga 77 % (Nadjah *et al.*, 2010). La prédation était la principale cause de l'échec.

### **3. Etude du comportement de repos de l'Héron garde bœufs**

L'étude du comportement de repos de l'Héron garde bœufs montre qu'il existe une tendance saisonnière à ce comportement collectif (pattern) et que les conditions météorologiques affectent le nombre d'individus, la durée, le moment d'arrivées et le taux d'arrivée sur le site de repos. Plus précisément, par beau temps, le nombre d'individus était plus grand, la durée des arrivées était plus courte, le moment était retardé avec un taux d'arrivée plus rapide.

Fait intéressant, nous avons montré que l'effet de la saison (période de l'année) était presque aussi fort que celui de la météo. La compréhension des mécanismes à l'origine de ces comportements de repos dépendant du climat nous aidera à prévoir comment les changements futurs des conditions climatiques influenceront les comportements collectifs des oiseaux grégaires.

Le nombre d'individus sur le site de repos était fortement dépendant de la saison dont des nombres plus élevés ont été observés en hiver et les plus bas à la fin du printemps. Ce pattern saisonnier est cohérent avec l'histoire naturelle de l'espèce. En mars et avril, au début de la saison de reproduction des hérons, les espèces quittent les sites de repos vers les sites de reproduction.

L'espèce est connue, commence à construire les nids en mois d'avril (Si Bachir *et al.*, 2008, Sbiki *et al.*, 2015), ce qui est cohérent avec le modèle en déclin de la taille de la population dans les sites de repos. Fait intéressant, contrairement à nos attentes (figure 1), les conditions météorologiques ont fortement influencé le nombre d'individus au repos pendant la saison d'hivernage. Un plus grand nombre a été enregistré dans les jours beau temps et nuageux, mais un nombre nettement inférieur dans les jours en mauvais temps (pluvieux). Même si on sait que les mauvaises conditions météorologiques réduisent le nombre d'oiseaux dans la nature (Robbins 1981), il est curieux d'observer un pattern similaire dans les dortoirs, ce qui suggère que le groupe dans le site de repos se divise en différents dortoirs.

Des comportements similaires en matière de repos ont été observés chez les étourneaux durant les mauvaises conditions météorologiques (Elkins 2010). Deux hypothèses mutuellement non exclusives peuvent expliquer la scission de la cohorte. Premièrement, les oiseaux pourraient avoir tendance à trouver l'abri le plus proche disponible dans le mauvais temps pour éviter d'être mouiller ou la prédation (déteçtabilité moins par les prédateurs).

Deuxièmement, la division des cohortes pourrait être liée à la disponibilité limitée de places protégées au sein d'un même dortoir. Nye (1964) a montré que si l'individu était en bon état (en bonne santé et disposait de grandes réserves internes), le mouillage humide le faisait perdre beaucoup d'énergie pour maintenir sa température corporelle, mais si l'individu était en mauvais état et petites réserves internes), mouillage peut entraîner de graves pertes de chaleur, une hypothermie et éventuellement la mort. Des études ultérieures basées sur des individus marqués révéleront la structure de la population et la distance parcourue par les sous-groupes pour trouver de nouveaux gîtes.

La synchronisation des arrivées aux dortoirs a diminué (augmentation de la durée d'arrivée) au cours de la saison d'hivernage. Cette asynchronisation résulte du retard différentiel entre la première et la dernière arrivée sur des sites de repos, les arrivées tardives décalant les retards. Cette modification du timing des arrivées aux sites de repos est probablement due en partie à l'augmentation saisonnière de la durée de la journée. Au cours des jours les plus longs, les individus probablement restent plus longtemps à la recherche de nourriture et utilisent le coucher du soleil pour se rappeler l'heure du repos (Lucia & Osborne 1983).

Les conditions météorologiques ont affecté la durée des arrivées. Par mauvais temps, le moment de la première arrivée est avancé (décalé au début) et celui de la dernière arrivée est resté relativement le même, entraînant une augmentation de la durée des arrivées.

Il y a trois hypothèses mutuellement non exclusives pour expliquer ce comportement. Premièrement (l'hypothèse de prédation), les aigrettes pourraient retourner à leurs nids plus tôt dans les jours de pluie à cause de la prédation. Il pourrait y avoir une interaction entre le risque de prédation et les conditions météorologiques, de sorte qu'un taux de réussite plus élevé de la prédation est corrélé aux mauvaises conditions météorologiques. Hilton *et al.* (1999) suggèrent que les précipitations pourraient augmenter le risque de prédation de (*Tringa totanus*) par l'épervier d'Amérique (*Accipiter nisus*) en raison de la faible capacité de détection du prédateur. Ainsi, il est probable que le héron occupe les dortoirs plus tôt dans les mauvais temps pour éviter la prédation. Hypothèse de la compétition, nous émettons l'hypothèse que le mauvais temps induit une concurrence intra spécifique pour les sites protégés (gîtes), de sorte que les individus évitent le mouillage (compétition pour les micro-habitats protégés) (Kennedy 1970). Il est raisonnable de supposer que la capacité de milieux des emplacements protégés (gîtes) est inférieure à celle du nombre total d'emplacements (y compris les emplacements protégés et non protégés). Ainsi, les premiers arrivants permettent aux individus de choisir les sites qui

réduisent la probabilité de mouillage, ce qui va dans le sens du nombre moins élevé d'héron enregistrées dans le mauvais temps. Troisièmement (l'hypothèse d'orientation), montrant dans plusieurs travaux de recherche que le mauvais temps influence l'orientation du vol chez de nombreux oiseaux (Richardson 1978, Elkins 2010), nous émettons l'hypothèse que le mauvais temps altère la coordination du groupe et conduise à une scission en différentes sous-unités indépendantes avec une prise de décision différente en ce qui concerne le timing pour le site de repos (auto-organisation) (Couzin & Krause 2003).

Le taux d'arrivée sur le site de repos diminuait avec la saison et dépendait des conditions météorologiques. La diminution saisonnière du taux d'arrivée est le résultat de la diminution saisonnière du nombre d'individus et de l'augmentation de la durée entre la première et la dernière arrivée des oiseaux dans le site de repos. Contrairement à nos attentes, le taux d'arrivée était plus rapide dans le beau temps et plus lent dans le mauvais temps. Cela montre une coordination de groupe dont elle est saisonnière et aussi dépendante des conditions météorologiques dans le comportement aux sites du repos. Bien que les effets de la saisonnalité écologique sur la coordination de groupe a été étudiés chez les primates (Doran 1997, Scholz & Kappeler 2004, Pyritz *et al.*, 2011), il a moins retenu l'attention chez les oiseaux pour les mouvements non migrateurs et non dispersifs (Walls *et al.*, 2005). Il est encore trop tôt pour spéculer sur les facteurs et les mécanismes comportementaux qui contrôlent la prise de décision et l'organisation du groupe, c'est pourquoi des recherches supplémentaires dans ce domaine sont nécessaires pour éclairer le comportement du groupe.

Cette étude est probablement la première à évaluer le comportement collectif et le moment choisi pour le comportement de repos chez le Héron garde bœufs; un aspect qui a reçu peu d'attention chez les Ardéidés et d'autres groupes grégaires. Nos résultats révèlent que les conditions météorologiques ont un effet majeur sur la taille du groupe dans le site de repos, la durée et le moment de repos et le taux d'arrivée aux sites de repos. Ces résultats suggèrent que la distribution spatiale et la décision comportementale des espèces grégaires pourraient être fortement influencées par le changement climatique à l'avenir, qui devrait affecter la fréquence, la distribution et l'intensité des précipitations (Prein *et al.*, 2017, Zhang *et al.*, 2017, Schroeer & Kirchengast 2018). Ainsi, une compréhension claire de ces dynamiques mécanistes éco-physiologiques est une priorité dans la recherche sur le changement global. L'étape suivante consiste à implémenter des individus étiquetés ou bagués (de préférence par télémétrie) pour identifier les facteurs qui déterminent la coordination du groupe et la prise de décision à la lumière du paysage existant. Bien que cette étude ait été menée sur un seul site, nous



recommandons des études ultérieures pour étudier simultanément différents sites de repos afin de comprendre si les conditions climatiques incitent les individus à se diviser et scinder en différents sites proches ou plus éloignés. Enfin, nos résultats peuvent s'appliquer à d'autres oiseaux grégaires qui se nourrissent et se reposent en groupes.

#### **4. Etude de l'occupation et l'abondance de l'Ibis falcinelle pendant l'hivernage et les sites de reproduction : effets climatiques**

L'étude de l'occupation et l'abondance de l'Ibis falcinelle est un récit historique récent de cette espèce dans le nord-est de l'Algérie, probablement les seuls sites de reproduction connus de l'espèce dans le pays et parmi les sites rares recensés au Maghreb (Amezian 2012). L'espèce n'a pas été bien étudiée dans la région et en Afrique du Nord et les changements historiques radicaux dans la dynamique de sa population indiquent une grande sensibilité aux changements environnementaux (Delany & Scott 2002, Figuerola *et al.*, 2004). Nos résultats suggèrent que le climat influe largement sur la répartition de la population hivernante, tandis que la répartition et l'abondance des populations nicheuses dans une certaine mesure et qui interagissent aussi avec d'autres facteurs. Ces données pourraient permettre de comprendre pourquoi certaines populations s'éteignent pendant plusieurs années et réapparaissent d'autres années.

##### **4.1. Taille de la population hivernante dans les aires d'alimentation**

La distribution spatiale de l'espèce en hiver n'a pas fait l'objet d'études approfondies dans la région. Khelifa (2012) a signalé que l'espèce du parc national d'El Kala fréquente les lacs Tonga, Sidi Kaci et lac des Oiseaux. Nous avons documenté ici deux sites supplémentaires où l'espèce se nourrit fréquemment (marais Mekhada et Berrihane), notamment Berrihane, qui abritait les plus grands troupeaux hivernants de la région. Ainsi, notre hypothèse selon laquelle la taille de la zone humide est positivement corrélée à la taille du troupeau dans les sites d'alimentation est fautive.

Le nombre élevé d'ibis à Berrihane est probablement dû à la disponibilité de vastes zones de plaines inondables et de prairies humides où l'herbe est courte et entrecoupée d'eau libre, qui est généralement la zone d'alimentation privilégiée de l'espèce (Taylor & Taylor 2015).

La diminution du nombre d'ibis dans le lac des Tonga était probablement due à l'augmentation des perturbations, car ce site attire de nombreux touristes tout au long de l'année.

Malheureusement, il est difficile d'estimer le nombre exact d'ibis cet hiver dans cette région car notre échantillonnage n'a pas été synchronisé entre les sites.

Du point de vue de la conservation, il est essentiel de comprendre la connectivité entre les sites (Morris 2012), le régime alimentaire (Macías *et al.*, 2004) et le comportement alimentaire (Taylor & Taylor 2015) de l'espèce dans la région pour gérer efficacement l'espèce.

La sensibilité climatique de l'Ibis à la température et aux précipitations dans les aires d'alimentation en hiver est intéressante d'un point de vue écologique. Le changement du nombre d'individus dans un site pendant la saison d'hivernage indique probablement une division du troupeau et non des individus se dispersant dans une région différente. Une des raisons est que la connectivité entre les aires d'alimentation hivernales a été rapportée pour l'espèce dans la région, par exemple entre le lac Tonga et Sidi Kaci, et Sidi Kaci et le lac des Oiseaux (Khelifa 2012).

Les années humides, les individus étaient séparés dans des zones d'alimentation avec des groupes relativement importants dans les trois sites étudiés (30 à 50 individus). Cependant, les années sèches, les plus petits troupeaux ont été observés dans le lac et l'étang, alors que les plus nombreux effectifs ont été détectés dans la plaine inondable.

Il semble que la plupart des individus se soient rassemblés dans des prairies humides pendant les années sèches en raison de la division des troupeaux hivernants dans les grands plans d'eau. Il est probable que la disponibilité de l'habitat propice à l'alimentation avoisinant les lacs Tonga et lac des Oiseaux (prairies humides et herbeuses courtes) a diminué en raison de la sécheresse qui a accru la concurrence intraspécifique pour la nourriture et l'espace et a finalement conduit à se déplacer comme Berrihane.

Santoro *et al.* (2013) ont montré que des ibis en Espagne se sont dispersés au Maroc en raison de la sécheresse. Ainsi, nos résultats suggèrent que les fluctuations climatiques annuelles pourraient affecter non seulement la distribution spatiale de l'espèce dans la région, mais également l'extinction des populations hivernantes lors d'événements climatiques extrêmes (Jenouvrier 2013).

#### **4.2. Taille de la population dans les sites de reproduction**

En dépit de nos nombreuses recherches de nouveaux sites de reproduction, seuls quatre sites ont été identifiés comme sites de reproduction relativement fréquents (lac Fetzara, Lac Tonga, El Chatt et Dakhla). Khelifa (2012) a montré qu'il existait une connectivité entre les

sites de reproduction locaux et les zones d'hivernage (du lac Tonga à Dakhla et à Fetzara), ainsi qu'une dispersion d'une colonie à une autre. Contrairement à notre hypothèse, la taille de la zone humide ne détermine pas la taille de la population de la colonie. Notre étude a montré que bien que l'espèce niche de façon permanente sur certains sites (lacs Fetzara et Dakhla), elle se reproduit rarement sur le lac Tonga et a récemment montré une extinction et une recolonisation à El Chatt. Les années où l'espèce a disparu à El Chatt, le nombre de couples nicheurs a augmenté à Dakhla, ce qui suggère que la population nicheuse d'El Chatt a parcouru 3 km pour rejoindre la colonie de reproduction de Dakhla. Cette observation suggère que la colonie de Dakhla est très importante pour la stabilité de la population reproductrice en hiver, car elle joue le rôle de «refuge» pour les colonies qui ne se reproduisent pas ailleurs. Par conséquent, ce site devrait recevoir une priorité élevée en matière de conservation et de gestion de l'habitat d'autres colonies désertes afin de maintenir les populations de l'espèce.

Les conditions climatiques n'étaient pas corrélées à la présence et à l'abondance des couples nicheurs. Cependant, à El Chatt en particulier, non seulement l'Ibis, mais aussi toute la colonie des hérons, se sont effondrés certaines années, ce qui suggère que d'autres facteurs non climatiques ont contribué à l'établissement de colonies. La dégradation de la qualité de l'habitat est un facteur à prendre en compte. Par exemple, la densité des couples nicheurs (mélange héron et ibis) à El Chatt (seulement 8 ha) est très élevée certaines années, pendant lesquelles l'accumulation de guano augmente la pollution organique et des métaux lourds, ce qui réduit la qualité de l'habitat (Zhu *et al.*, 2014). La faible fréquence de reproduction de l'espèce sur le lac Tonga malgré sa grande superficie (2600 ha) et la disponibilité de sites de reproduction potentiels suggèrent que la perturbation de l'habitat due à la chasse, la pêche, et ou aux touristes a probablement joué un rôle (Miller & Burger 1978, Korschgen & Dahlgren 1992). Enfin, bien que nous ayons étudié une partie du lac Fetzara, nous pensons que d'autres colonies difficiles d'accès en raison de hauts roseaux denses, sont présentes dans cet immense marécage (24 000 ha).

# **CONCLUSION GENERALE**

---

### Conclusion générale et perspectives

En conclusion, nos études ont mis en évidence de nouvelles données sur le statut, la biologie de la reproduction, et le comportement des trois espèces : Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*), Héron pourpré (*Ardea purpurea*), et le Héron garde bœufs (*Bulbucus ibis*) dans le Nord-est de l'Algérie, en tenant compte de la taille de la population étudiée. Il est intéressant de mener un échantillonnage à grande échelle dans le pays afin d'effectuer des estimations efficaces de la population locale Algérienne.

Généralement, les espèces ardeides et Ibis sont des indicateurs utiles de la productivité des zones humides, de la structure trophique, des perturbations humaines et de la contamination. En fait, tout changement environnemental qui induirait une variabilité de leurs paramètres de reproduction présente un intérêt considérable pour les gestionnaires de la faune et des terres. C'est pourquoi la biologie de la reproduction des hérons et Ibis coloniaux a fait l'objet d'études dans le monde entier.

Notre travail illustre parfaitement la richesse ornithologique de la région en identifiant une dizaine de colonies mixte d'Ibis-Hérons, et confirme aussi que les zones humides de la Numidie forment un Hotspot par la diversité et l'abondance des oiseaux.

Nous avons, au cours de ces études identifié les zones de reproduction et d'alimentations des Ibis falcinelles et des Hérons et les problèmes auxquelles elles sont confrontées. On espère que ces études survivraient avec d'autres études sur les oiseaux, Afin de mieux protéger et conserver les zones humides du nord-est du pays.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

**Références bibliographiques**

**Amezian, M., El Khamlichi, R. & Elbanak, A.** 2012. Breeding of Glossy Ibis *Plegadis falcinellus* in the mixed heronry adjacent to Smir marshes, northern Morocco. *Alauda*. 80: 33-38.

**Baker, A. J., Gonzalez, P. M., Piersma, T., Niles, L. J., deLima Serraro do Nascimento, I., Atkinson, P. W., Clark, N. A., Minton, C. D. T., Peck, M. K. and Aarts, G.** 2004 Rapid population decline in Red Knots: fitness consequences of decreased refuelling rates and late arrival in Delaware Bay. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 271: 875–882.

**Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S.** 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *J. Stat. Softw.* 67-48.

**Belhadj, G., Chalabi, B., Chabi, Y., Kayser, Y. & Gauthier-Clerc, M.** 2007. Le retour de l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) nicheur en Algérie. *Aves*. 44: 29-36.

**Bengston SA.** 1971. Variations in clutch-size in ducks in relation to the food supply. *Ibis* 113:523–526

**Bertram, B.C.** 1980. Vigilance and group size in ostriches. *Anim. Behav.* 28: 278-286.

**Biro, D., Sasaki, T., & Portugal, S. J.** 2016. Bringing a time–depth perspective to collective animal behaviour. *Trends. Ecol. Evol.* 31: 550-562.

**Bohra Hamlaouia, Meriem Rouaiguia, Rabah Zebsa, Fadhila Kafi, Soumia Haddad, Naoual Lahlah and Moussa Houhamdi.** 2016. On the breeding ecology of House Martins *Delichon urbica* (Linnaeus 1758) in Northeast Algeria. *Zoology and Ecology*.

**Burger, J. & Miller, L.M.** 1977. Colony and nest site selection in White-faced and Glossy Ibises. *The Auk*. 94: 664-676.

**Burger, J.** 1978. Competition between Cattle Egret and native North American herons, egrets, and ibises. *Condor* 80: 15-23.

**Colwell, M.A. & Landrum, S.L.** 1993. Nonrandom shorebird distribution and fine-scale variation in prey abundance. *The Condor*. 95: 94-103.

**Couzin, I.D., & Krause, J.** 2003. Self-organization and collective behavior in vertebrates.

**CRAMP, S. &, SIMMONS, K.L.E. (EDS).** 1977. The Birds of the Western Palearctic. Volume I, Ostrich to Ducks. Oxford University Press, Oxford.

**Cramp, S. and K. E. L. Simmons.** 1977. The Birds of the Western Palearctic, Vol. 1. Oxford University Press, Oxford, UK.

**Crick, H.Q.** 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis*. 146: 48-56.

Custer, T.W. & Osborn, R.G. 1978. Feeding habitat use by colonially-breeding herons, egrets, and ibises in North Carolina. *The Auk*. 95: 733-743.

**Dalhaug L, Tombre IM, Erikstad KE.** 1996. Seasonal decline in clutch size of the barnacle goose in Svalbard. *Condor*. 98:42-47

**Davis Jr., William E. and John C. Kricher.** 2000. Glossy Ibis (*Plegadis falcinellus*), version 2.0. In The Birds of North America (P. G. Rodewald, editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA.

**De Bélair G.** 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est algérien). Thèse de Doctorat 3ème cycle in Metallaoui S., 1990. Etude écologique des mares endoreiques et temporaires. Thèse de Magister. Université de Annaba. 140 p.

**Del Hoyo, J., Del Hoyo, J., Elliott, A., & Sargatal, J.** 1992. *Handbook of the birds of the world*. Lynx edicions, Barcelona.

**Delany, S. & Scott, D.** 2002. Waterbird population estimates. Wetlands International, Wageningen (Países Bajos).

**Delany, S. & Scott, D.** 2002: Waterbird Population Estimates-Third Edition. Wetlands International Global Series No. 12, Wageningen.

**Delany, S. and Scott, D.** 2006. Waterbird Population Estimates. Fourth Edition. Wageningen: Wetlands International.

**Doran, D.** 1997. Influence of seasonality on activity patterns, feeding behavior, ranging, and grouping patterns in Tai chimpanzees. *Int. J. Primatol.* 18: 183-206.

**Elkins, N.** 2010. *Weather and bird behaviour*. Bloomsbury Publishing.

**Emilio Custodio.** 2000. Groundwater-dependent wetlands. *Acta Geologica Hungarica*. Vol 43/2. pp 173-202.



- Evangelista, D.J., Ray, D.D., Raja, S.K., & Hedrick, T.L.** 2017. Three-dimensional trajectories and network analyses of group behaviour within chimney swift flocks during approaches to the roost. *P. Roy. Soc. B-Biol. Sci.* 284 : 20162602.
- Fernández-Juricic, E., Siller, S., & Kacelnik, A.** 2004. Flock density, social foraging, and scanning: an experiment with starlings. *Behav. Ecol.* 15 : 371-379.
- Ferry C, Blondel J.** 1960. Sur le nombre d'oeufs du Héron pourpré *Ardea purpurea*. *Alauda* 28: 62–64.
- Figuerola, J., Máñez, M., Ibáñez, F., García, L. & Garrido, H.** 2004. Morito común *Plegadis falcinellus*. Libro. Rojo. 74.
- Frederick, P.C. & Bildstein, K.L.** 1992. Foraging ecology of seven species of neotropical ibises(Threskiornithidae) during the dry season in the Llanos of Venezuela. *Wilson. Bull.* 104: 1-21.
- Gawlik, D.E.** 2002. The effects of prey availability on the numerical response of wading birds. *Ecol. Monogr.* 72: 329-346.
- Belhadj, G., Chalabi, B., CHABI, Y., Kayser, Y., Gauthier-Cler, M.** 2007. Le retour de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) nicheur en Algérie. *Aves.* 44 (1) 2007: 29 – 36
- Gonzalez-Martin M.** 1994. Reproduccion de la Garza imperial (*Ardea purpurea*) en el delta del Ebro. PhD thesis, University of Barcelona, Spain.
- Goss-Custard, J.D., Hoppe, C.H., Hood, M.J. & Stillman, R.A. 2019. Disturbance does not have a significant impact on waders in an estuary close to conurbations: importance of overlap between birds and people in time and space. *Ibis*.
- Grubb, T.C.** 1976. Adaptiveness of foraging in the Cattle Egret. *Wilson. Bull.* **88**: 145-148.
- Guisan, A., Thuiller, W. & Zimmermann, N.E.** 2017. Habitat suitability and distribution models: with applications in R. Cambridge University Press.
- Hallett, T.B., Coulson, T., Pilkington, J.G., Clutton-Brock, T.H., Pemberton, J.M., & Grenfell, B.T.** 2004. Why large-scale climate indices seem to predict ecological processes better than local weather. *Nature.* 430: 71.
- Haverschmidt F.** 1961. Sur le nombre d'oeufs du Héron pourpré *Ardea purpurea*. *Alauda* 29: 68–69.

**Heim De Balzac, H. & Mayaud, N.** 1962: Oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique. Le chevalier, Paris.

**Henri Roggeri.** 1995. Tropical Freshwater Wetlands. A Guide to Current Knowledge and Sustainable Management. Developments in Hydrobiology. Springer Netherlands. 112. XVI, 349.

**Houhamdi M.** 1998. Ecologie du Lac des Oiseaux: cartographie, palynothèque et utilisation de l'espace par l'avifaune aquatique. Thèse de magister. Université Annaba. Algérie

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects. Cambridge University Press.

**Isemann, P. & Moali, A.** 2000: Oiseaux d'Algérie. SEOF, Paris

**James, D., & Hornik, K.** 2018. chron: Chronological Objects which Can Handle Dates R package version 2.3-53 <https://CRAN.R-project.org/package=chron>.

**Jenouvrier, S.** 2013. Impacts of climate change on avian populations. *Glob. Change. Biol.* 19: 2036-2057.

**Jetz, W., & Rubenstein, D.R.** 2011. Environmental uncertainty and the global biogeography of cooperative breeding in birds. *Curr. Biol.* 21: 72-78.

**Kayser, Y., Didner, E., Dietrich, L. & Hafner, H.** 1996 : Nouveau cas de reproduction de l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* Camargue. *Ornithos.* 3 : 200- 2001

**Kennedy, R.** 1970. Direct effects of rain on birds: a review. *Brit. Birds.* 63: 401-414.

Khelifa, R. 2012. Cartographie de la dispersion de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*). Mémoire de Magister, Université de 08 Mai 1945, Guelma, Algeria.

**King, A.J., & Sueur, C.** 2011. Where next? Group coordination and collective decision making by primates. *Int. J. Primatol.* 32: 1245-1267.

**Korschgen, E. & Dahlgren, R.** 1992. Human disturbances of waterfowl: causes, effects, and management, waterfowl management hand book. Fish and Wildlife Service, Department of the Interior, United States.

**Kral B, Figala J.** 1965. Breeding biology of the Purple Heron, *Ardea purpurea*, in the Velky and Maly Tisy. *Zoologicke Listy* 15: 33–46.

**Krause, J., Ruxton, G.D., Ruxton, G.D., & Ruxton, I.G.** 2002. *Living in groups*. Oxford University Press.

- Kroodsma, D.E., Byers, B.E., Halkin, S.L., Hill, C., Minis, D., Bolsinger, J.R., ... & Houlihan, P.** 1999. Geographic variation in black-capped chickadee songs and singing behavior. *Auk*. 116: 387-402.
- Kushlan, J.A.** 1986. Responses of wading birds to seasonally fluctuating water levels: strategies and their limits. *Colonial Waterbirds*. 155-162.
- Lima, S.L.** 1995. Back to the basics of anti-predatory vigilance: the group-size effect. *Anim. Behav.* 49: 11-20.
- Lombardini, K., Bennetts, R.E., & Tourenq, C.** 2001. Foraging success and foraging habitat use by Cattle Egrets and Little Egrets in the Camargue, France. *Condor*. 103: 38-44.
- Lucia, C., & Osborne, D.R.** 1983. Sunset as an orientation cue in white-throated sparrows.
- Macías, M., Green, A.J. & Sánchez, M.I.** 2004. The diet of the Glossy Ibis during the breeding season in Doñana, southwest Spain. *Waterbirds*. 27: 234-240.
- Maddock, M., & Geering, D.** 1994. Range expansion and migration of the cattle egret. *Ostrich*. 65: 191-203.
- Maldonado-Chaparro, A.A., Alarcón-Nieto, G., Klarevas-Irby, J.A., & Farine, D.R.** 2018. Experimental disturbances reveal group-level costs of social instability. *P. Roy. Soc. B*. 285: 20181577.
- Miller, L.M. & Burger, J.** 1978. Factors affecting nesting success of the Glossy Ibis. *The Auk*. 95: 353-361.
- Moreira, F.** 1993. Macrohabitat selection by waders in the Tagus estuary (Portugal). *Port. Zoolog.* 2: 1-15.
- Morris, K.** 2012. Wetland connectivity: understanding the dispersal of organisms that occur in Victoria's wetlands. Arthur Rylah Institute for Environmental Research, Department of Sustainability and Environment Heidelberg, Victoria
- Moss, R., Oswald, J., & Baines, D.** 2001. Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *J. Anim. Ecol.* 70: 47-61.
- Moulai Riadh.** 2006. Bioécologie de l'avifaune terrestre et marine du Parc National de Gouraya (Béjaia), cas particulier du Goéland leucophaé, *Larus michahellis* Naumann, 1840. Thèse Doctorat d'état, Sci. Agro., Inst. Nat. Agro. El Harrach. Algérie

**Mouritsen, K.N. & Jensen, K.** 1992. Choice of microhabitat in tactile foraging dunlins *Calidris alpina*: The importance of sediment penetrability. *Marine ecology progress series*. Oldendorf. 85: 1-8.

**Nebel, S., Porter, J. L. and Kingsford, R. T.** 2008. Long-term trends of shorebird populations in eastern Australia and impacts of freshwater extraction. *Biol. Conserv.* 141: 971–980.

**Nedjah, R., Bouchecker, A., Samraoui, F., Menai, R., Alfarhan, A., Al-Rasheid, K. A., & Samraoui, B.** 2010. Breeding ecology of the Purple Heron *Ardea purpurea* in Numidia, north-eastern Algeria. *Ostrich*, 81(3), 189-196.

**Newton, I.** 1998. *Population limitation in birds*. Academic press.

**Newton, I.** 2010. *The migration ecology of birds*. Elsevier.

**Nye, P.A.** 1964. Heat loss in wet ducklings and chicks. *Ibis*. 106: 189-197.

**Paul A. Keddy.** 2010. *Wetland Ecology Principles and Conservation*, Second Edition. Cambridge University Press. 978-0-521-73967-2.

**Pyritz, L.W., Kappeler, P.M., & Fichtel, C.** 2011. Coordination of group movements in wild red-fronted lemurs (*Eulemur rufifrons*): processes and influence of ecological and reproductive seasonality. *Int. J. Primatol.* 32: 1325-1347.

**R Development Core Team** 2019. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.

**R Development Core Team.** 2019. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

**Riad Nedjah , Abdenour Bouchecker , Farrah Samraoui , Rachid Menai , Ahmed Alfarhan , Khaled AS Al-Rasheid & Boudjéma Samraoui.** 2010. Breeding ecology of the Purple Heron *Ardea purpurea* in Numidia, north-eastern Algeria, *Ostrich: Journal of African Ornithology*, 81:3, 189-196.

**Richardson, W.J.** 1978. Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. *Oikos*. 224-272.

**Ridha OUNI(1), Aymen NEFLA & ALI EL HILI** 2009. NIDIFICATION DE L'IBIS FALCINELLE *Plegadis falcinellus* AU CAP BON (TUNISIE). *Alauda*. 77 (2) : 115-120

**Robbins, C.S.** 1981. Bird activity levels related to weather. *Stud. Avian. Biol.* 6: 301-310.

- Robinson, R.A., Baillie, S.R., & Crick, H.Q.** 2007. Weather-dependent survival: implications of climate change for passerine population processes. *Ibis*. 149: 357-364.
- Rosa, S., Palmeirim, J.M. & Moreira, F.** 2003. Factors affecting waterbird abundance and species richness in an increasingly urbanized area of the Tagus estuary in Portugal. *Waterbirds*. 26: 226-233.
- Rubenstein, D.R., & Lovette, I.J.** 2007. Temporal environmental variability drives the evolution of cooperative breeding in birds. *Curr. Biol.* 17: 1414-1419.
- Samraoui, B ; Bouchecker, A., Nedjeh, R., Yousfi, Y., Samraoui F.** 2012. First banding scheme of glossy ibis *Plegadis falcinellus* in Algeria. AVES ICHNUSAE, vol. 10, 2012
- Santoro, S., Green, A.J. & Figuerola, J.** 2013. Environmental instability as a motor for dispersal: a case study from a growing population of glossy ibis. PLoS ONE. 8: e82983.
- Sbiki, M., Chenchouni, H., & Si Bachir, A.** 2015. Population increase and nest-site selection of Cattle Egrets *Bubulcus ibis* at a new colony in drylands of north-east Algeria. *Ostrich*. 86: 231-237.
- Scholz, F., & Kappeler, P.M.** 2004. Effects of seasonal water scarcity on the ranging behavior of *Eulemur fulvus rufus*. *Int. J. Primatol.* 25: 599-613.
- Scott, D.** 1984. The feeding success of cattle egrets in flocks. *Anim. Behav.* 32: 1089-1100.
- Seghers, B.H.** 1974. Geographic variation in the responses of guppies (*Poecilia reticulata*) to aerial predators. *Oecologia*. 14: 93-98.
- Si Bachir, A., Barbraud, C., Cereghino, R., & Santoul, F.** 2012. Cattle Egrets *Ardea ibis* use human-made habitat in a newly colonised area in northern Algeria. *Ostrich*, 83(1), 51-53.
- Si Bachir, A., Barbraud, C., Doumandji, S., & Hafner, H.** 2008. Nest site selection and breeding success in an expanding species, the Cattle Egret *Bubulcus ibis*. *Ardea*, 96(1): 99-108.
- Si Bachir, A., Barbraud, C., Doumandji, S., & Hafner, H.** 2008. Nest site selection and breeding success in an expanding species, the Cattle Egret *Bubulcus ibis*. *Ardea*. 96: 99-108.
- Si Bachir, A., Ferrah, F., Barbraud, C., Céréghino, R., & Santoul, F.** 2011. The recent expansion of an avian invasive species (the Cattle Egret *Ardea ibis*) in Algeria. *J. Arid. Environ.* 75: 1232-1236.
- Si Bachir, A., Hafner, H., Tourenq, J. N., Doumandji, S., & Lek, S.** 2001. Diet of adult cattle egrets (*Bubulcus ibis*) in a new North African colony (Soummam, Kabylie, Algeria): taxonomic composition and seasonal variability. *Ardeola*, 48(2) : 217-223.

- Si Bachir, A., Hafner, H., Tourenq, J.N. & Doumandji, S.** 2000. Structure de l'habitat et biologie de reproduction du Héron Garde-bœuf, *Bubulcus ibis*, dans une colonie de la vallée de la Soummam (Petite Kabylie, Algérie). *Rev. Ecol.*
- Siegfried, W.** 1971a. Communal roosting of the Cattle Egret. *T. Roy. Soc. S. Afr.* 39: 419-443.
- Siegfried, W.** 1971b. The food of the Cattle Egret. *J. Appl. Ecol.* 447-468.
- Skinner, J. & Smart, M.** 1984. The El Kala wetlands of Algeria and their use by waterfowl. *Wildfowl.* 35: 106-118.
- Stevenson, A.C., Skinner, J., Hollis, G.E. & Smart, M.** 1988. The El Kala national park and environs, Algeria: an ecological evaluation. *Environ. Conserv.* 15: 335-348.
- Taylor, I.R. & Taylor, S.G.** 2015. Foraging Habitat Selection of Glossy Ibis (*Plegadis falcinellus*) on an Australian Temporary Wetland. *Waterbirds.* 38: 364-373.
- Trevor Price, Douglas Probert.** 1997. Role of constructed wetlands in environmentally-sustainable developments. *Applied Energy.* 57: 2-3
- Van der Kooij H.** 1997. Wordt het broedresultaat van Purperreigers *Ardea purpurea* beïnvloed door de nesthoogte? *Limosa* 70: 145–150.
- Walls, S.S., Kenward, R.E. & Holloway, G.J.** 2005. Weather to disperse? Evidence that climatic conditions influence vertebrate dispersal. *J. Anim. Ecol.* 74: 190-197.
- Wilson, W.H.** 1990. Relationship between Prey Abundance and Foraging Site Selection by Semipalmated Sandpipers on a Bay of Fundy Mudflat (Relación entre la Abundancia de Presas y la Selección del Lugar de Forrajeo por parte de *Calidris pusilla* en un Lodazal de la Bahía de Fundy). *J. Field. Ornithol.* 9-19.
- Yates, M., Goss-Custard, J., McGroarty, S., Lakhani, K., Durell, S.L.V.D., Clarke, R. et al.** 1993. Sediment characteristics, invertebrate densities and shorebird densities on the inner banks of the Wash. *J. Appl. Ecol.* 599-614.
- Zhu, Y., Gu, B., Irick, D.L., Ewe, S., Li, Y., Ross, M.S. et al.** 2014. Wading bird guano contributes to Hg accumulation in tree island soils in the Florida Everglades. *Environ. Pollut.* 184: 313-319.

**Références Internet**

(Site web 1) : <https://www.bestioles.ca/oiseaux/ibis-falcinelle.html> (18/09/2019)

(Site web 2) : <https://www.oiseaux.net/oiseaux/ibis.falcinelle.html> (30/10/2019)

(Site web 3) : <http://fauneetfloredefrance.eklablog.fr/ibis-falcinelle-a108475184>  
(11/03/2019)

(Site web 4) : <http://www.oiseaux-birds.com/fiche-heron-pourpre.html>(03/08/2019)

(Site web 5) : <https://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/fiches/Heron-pourpre.pdf>(20/11/2019)

(Site web 6) : <http://www.birds.it/fra/species/H%C3%A9ron+pourpr%C3%A9>  
(18/05/2019)

(Site web 7) : <https://www.cabi.org/isc/datasheet/90783>(10/06/2019)

(Site web 8) : [https://animaldiversity.org/accounts/Bubulcus\\_ibis/](https://animaldiversity.org/accounts/Bubulcus_ibis/)(29/07/2019)

(Site web 9) : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/zoologie-heron-garde-boeuf-12619/> (23/04/2019)

# RESUMES

---



**Résumé**

Ce travail a été mené entre 2013 et 2019 et a porté sur la bio-écologie de trois espèces échassiers de la vaste région d'El Taref qui englobe les principaux plans d'eau du complexe des zones humide du Parc National d'El Kala.

L'étude de la biologie de la reproduction de l'Ibis falcinelle et du héron pourpré a été réalisée à El Chatt, au nord-est de l'Algérie en 2013. La période de ponte a duré près de deux mois. La taille moyenne de la grandeur de ponte était de  $4,31 \pm 0,92$  et  $4,59 \pm 1,23$  pour l'Ibis et le Héron, respectivement. Le succès des éclosions a atteint 94,44% chez Ibis et 81,41% chez l'Héron. La prédation était la principale cause de l'échec de l'éclosion. Les paramètres de reproduction et la morphométrie des œufs d'ibis et de l'Héron déterminés au cours de notre étude en Algérie différaient de ceux rapportés dans des études antérieures menées dans différentes parties de l'Europe.

Le comportement de repos collectif de l'Héron garde boeuf a été influencé par le temps et la saison. Nous avons documenté le comportement de l'héon et évalué la relation entre les conditions météorologiques et quatre composantes du comportement de repos, notamment la taille de la population, la durée d'occupation du site de repos, le moment du regroupement et le taux d'arrivée au site de repos. Nous avons enregistré le nombre et les heures d'arrivée des individus occupant un site de repos communal dans le nord-est de l'Algérie en 2013-2014 entre décembre et avril. Notre étude met en évidence l'importance des conditions météorologiques pour façonner le comportement de repos collectif d'une espèce grégaire. Nos résultats suggèrent que les changements futurs des conditions climatiques pourraient influencer le comportement collectif de l'héron garde-bœuf en particulier et des oiseaux grégaires en général.

En raison du récent changement climatique qui a affecté à la fois la température et les précipitations, il est crucial d'accroître nos connaissances sur la réponse des espèces aux conditions climatiques pour une meilleure gestion de la biodiversité. On a évalué le rôle des conditions climatiques sur la distribution et l'abondance de l'ibis (*Plegadis falcinellus*) dans le nord-est de l'Algérie dans les aires d'hivernage et dans les zones de reproduction du nord-est de l'Algérie dans une enquête s'étalant de 2011 à 2019. Nous avons effectué des visites régulières dans 15 sites et compté le nombre d'individus dans les sites d'alimentation pendant la saison d'hivernage et le nombre de nids de reproduction pendant la saison de reproduction. Notre étude présente des données historiques sur l'occupation et l'abondance d'une espèce relativement peu étudiée et donne de nouvelles informations sur sa sensibilité climatique qui pourraient être utiles pour prédire les futurs impacts du changement climatique.

**Mots clés :** *Plegadis falcinellus*, *Bubulcus ibis*, *Ardea purpurea*, Écologie de la reproduction, Comportement de repos, Occupation et répartition, Changement climatique, Nord-est de l'Algérie.

### **Abstract**

This work was conducted between 2013 and 2019 and focused on the bio-ecology of three species of the vast region of El Tarf ; that includes the main plans water from wet areas complex of El Kala National Park.

The study of the reproductive biology of Glossy ibis and Purple heron *urbsca* was carried out at El Chatt, Northeast Algeria during 2013. The egg-laying period lasted for almost two months. The mean clutch size was  $4.31 \pm 0.92$  and  $4.59 \pm 1.23$  for Ibis and Heron, respectively. Hatching success reached 94.44 % in Ibis and 81.41 % in Heron. Predation was the main cause of the hatching failure . The breeding parameters and morphometrics of the glossy ibis and heron's eggs in Algeria determined during our study differed from those reported in previous studies carried out in different parts of Europe.

Collective roosting behaviour of the Cattle Egret *Bubulcus ibis* was influenced by the weather and the season. We are documented the roosting behaviour of the Cattle Egret and assess the relationship between weather conditions and four components of the roosting behaviour including the population size, duration of roost occupancy, the timing of roost gathering and the rate of arrival at roost. We recorded the number and arrival times of individuals occupying a communal roost site in northeast Algeria in 2013–2014 between December and April. Our study highlights the importance of weather conditions in shaping the collective roosting behaviour of a gregarious species. Our results suggest that future changes in climatic conditions might influence the collective behaviour of the Cattle Egret in particular and gregarious birds in general.

Due to the recent climate change which affected both temperature and precipitation, it is crucial to increase our knowledge about the response of species to climatic conditions for better biodiversity management. We assess the role of climatic conditions on the distribution and abundance of the enigmatic glossy ibis (*Plegadis falcinellus*) in Northeast Algeria in both wintering grounds and in breeding areas of Northeast Algeria in a survey spanning from 2011 to 2019. We used regular visits in 15 sites and counted the number of individuals in foraging sites during the wintering season and the number of breeding nests in the breeding season. This study presents historical data on the occupancy and abundance of a relatively unstudied species

and gives new information on its climatic sensitivity which might be helpful for predicting future climate change impacts.

**Keywords:** *Plegadis falcinellus*, *Bubulcus ibis*, *Ardea purpurea*, Reproduction ecology, Roosting behavior, Occupancy and distribution, Climate change, Northeast Algeria.



## Weather conditions affect the collective roosting behaviour of the Cattle Egret *Bubulcus ibis*

Abdeldjalil Youcefi, Affef Baaloudj, Rabah Zebsa, Hayat Mahdjoub, Zinette Bensakhri, Soufyane Bensouilah, Hichem Amari, Abdelkrim Si Bachir & Rassim Khelifa

To cite this article: Abdeldjalil Youcefi, Affef Baaloudj, Rabah Zebsa, Hayat Mahdjoub, Zinette Bensakhri, Soufyane Bensouilah, Hichem Amari, Abdelkrim Si Bachir & Rassim Khelifa (2019): Weather conditions affect the collective roosting behaviour of the Cattle Egret *Bubulcus ibis*, Bird Study, DOI: [10.1080/00063657.2019.1694487](https://doi.org/10.1080/00063657.2019.1694487)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00063657.2019.1694487>



Published online: 29 Nov 2019.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 2



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

## Weather conditions affect the collective roosting behaviour of the Cattle Egret *Bubulcus ibis*

Abdeldjalil Youcefi<sup>a</sup>, Affef Baaloudj<sup>b</sup>, Rabah Zebsa<sup>b</sup>, Hayat Mahdjoub<sup>c</sup>, Zinette Bensakhri<sup>b\*</sup>, Soufyane Bensouilah<sup>d</sup>, Hichem Amari<sup>d</sup>, Abdelkrim Si Bachir<sup>e</sup> and Rassim Khelifa<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Faculty of Sciences of Nature and Life, Department of Biology and Animal Physiology, Ferhat Abbas University of Setif -1-, Setif, Algeria; <sup>b</sup>Faculty of Sciences of Nature and Life and Sciences of the Earth and the Universe, University 8 May 1945, Guelma, Algeria; <sup>c</sup>Department of Evolutionary Biology and Environmental studies, University of Zurich, Zurich, Switzerland; <sup>d</sup>Departement de Biologie, Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, University of Chadli Benjedid, El Tarf, Algeria; <sup>e</sup>Faculty of Sciences of Nature and Life, Department of Biology, University of Batna 2, Batna, Algeria; <sup>f</sup>Biodiversity Research Center, University of British Columbia, Vancouver, Canada

### ABSTRACT

**Capsule:** Collective roosting behaviour of the Cattle Egret *Bubulcus ibis* was influenced by the weather and the season.

**Aims:** To document the roosting behaviour of the Cattle Egret and assess the relationship between weather conditions and four components of the roosting behaviour including the population size, duration of roost occupancy, the timing of roost gathering and the rate of arrival at roost.

**Methods:** We recorded the number and arrival times of individuals occupying a communal roost site in northeast Algeria in 2013–2014 between December and April.

**Results:** There was a seasonal decline of the flock size and rate of arrival and a seasonal increase in the duration of gathering. Weather conditions affected all variables assessed in roosting behaviour such that bad weather lowered the number of individuals in the roost, lengthened the duration and advanced the timing of gathering, and reduced the rate of gathering in the roost.

**Conclusion:** Our study highlights the importance of weather conditions in shaping the collective roosting behaviour of a gregarious species. Our results suggest that future changes in climatic conditions might influence the collective behaviour of the Cattle Egret in particular and gregarious birds in general.

### ARTICLE HISTORY

Received 10 July 2019

Accepted 8 October 2019

Many aspects of the ecology and behaviour of birds are affected by abiotic conditions (Newton 1998, Elkins 1983). Because physiology is influenced by weather and particularly temperature and rainfall (Moss *et al.* 2001, Crick 2004, Hallett *et al.* 2004), studies have reported intraspecific geographic variation of bird behaviour (Seghers 1974, Kroodsma *et al.* 1999), including collective behaviour (Rubenstein & Lovette 2007, Jetz & Rubenstein 2011). While large scale studies are useful for understanding the adaptation and plasticity of birds to the large-scale variation in environmental conditions (Jetz & Rubenstein 2011), there is has been little research on the fine-scale temporal variation of those conditions (governed by daily fluctuations of weather conditions) on the collective behaviour of birds. This area of research is timely given the expected increase of weather fluctuations in most future climate change scenarios (Intergovernmental Panel on Climate Change 2014).

Collective behaviour in birds is a central topic in ornithology in particular and in ethology in general (King & Sueur 2011, Biro *et al.* 2016, Maldonado-Chaparro *et al.* 2018). Two important aspects of collective behaviour are group coordination and decision-making (King & Sueur 2011) where individuals in groups with better coordination and decision-making outperform those with poor coordination and decision-making (Krause *et al.* 2002, Fernández-Juricic *et al.* 2004). Collective behaviour in foraging and migration contexts has attracted a lot of research attention (Bertram 1980, Lima 1995, Newton 2008), however, collective behaviour in the context of roosting (Evangelista *et al.* 2017) and particularly its relationship with weather conditions has not been as thoroughly studied. It is reasonable to assume that as with foraging sites, there is roost site selection in birds where individuals try to reach the roost early enough before sunset to guarantee a favourable position that

**CONTACT** Abdeldjalil Youcefi  abdeldjalilyoucefi24@yahoo.com

\*Present address: Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Institut des Sciences et de la technologie, Centre universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila, Algeria; Laboratoire Biologie Eau et Environnement, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algeria

© 2019 British Trust for Ornithology

shelter the birds from the weather (Robinson *et al.* 2007) and predation risk (Zahavi 1971, Hilton *et al.* 1999).

One of the most widespread gregarious birds in the world is the Cattle Egret *Bubulcus ibis* (Del Hoyo *et al.* 1992). This species has shown a rapid range shift towards northern areas during the last few decades (Maddock & Geering 1994), occupying natural habitats as well as rural and urban areas. This species shows a remarkably diverse diet and habitat use (terrestrial and aquatic) (Siegfried 1971b, Grubb 1976, Lombardini *et al.* 2001), which may underpin its ability to increase its population size. While the species forages in groups (Scott 1984), it frequently roosts in large flocks on tall trees near human settlements during the wintering season (Siegfried 1971a). The roosting behaviour of the species has received little research attention, although it represents an interesting system to ask behavioural and evolutionary questions (Zahavi 1971, Evangelista *et al.* 2017). Here, we investigate how weather affects the roosting timing of Cattle Egrets in northeast Algeria in the winter and spring. Specifically, we assess the duration and timing of arrival of individuals to the roosting site, the roosting population size and the synchronization of roost arrival.

The weather affects many cues used by birds for decision making (Richardson 1978, Elkins 1983), and thus it shapes the time allocated for foraging, the distribution of individuals and possibly the timing of roosting. In this study, we hypothesize that weather

does not change the number of individuals in the roosting site, but influences the rate and the timing of arrivals such that better weather leads to more synchronized arrival to the roosting site (Figure 1). Additionally, bad weather might induce individuals to roost earlier because food availability is lower. It is also possible that the rate of gathering is higher in bad weather because individuals might need to compete more to occupy sheltered area.

## Methods

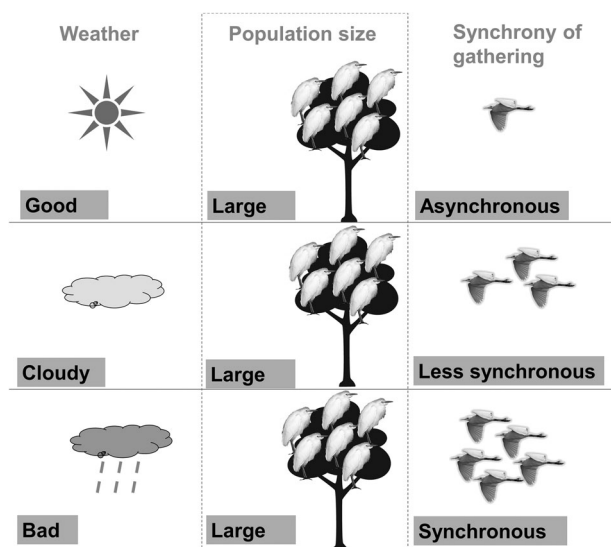
### Study area

The study was conducted in Berrihane, El Taref, Algeria, 4 km south of the Mediterranean Sea. The roosting site was near the national road W109 in the northeast of the Mekhada marsh (36.8426°N, 8.0623°E), an 8900 ha wetland listed as an Important Bird Area (IBA) and ranked as the second-largest wetland in the country. This wetland is known for harboring large numbers of wintering waterbirds (about 30,000 birds), including the Marbled Duck *Marmaronetta angustirostris* and breeding waterbirds such as the Ferruginous Duck *Aythya nyroca* and the White-headed Duck (*Oxyura leucocephala*) (BirdLife International 2019).

The Cattle Egret population has shown a rapid expansion in Algeria, where it winters and breeds extensively (Si Bachir *et al.* 2000, 2011). The studied roosting site of the Cattle Egret occurred in a patch of tall (10–40 m high) Tasmanian Blue Gum trees *Eucalyptus globulus* which occupied an area of 0.4 ha. Only 3–4 trees were used as roosts by the Cattle Egret and thus were surveyed. Despite the availability of other nearby patches of trees (100 m way) which could potentially be used as roosts, no other roosting sites were recorded in the proximity. No other species of bird occupied the communal roost during the study.

### Behavioural sampling

We recorded the number of individuals and the timing of gathering in the roosting site from 16:00 to 20:00 between 24 December 2013 and 20 April 2014 on 22 sampling occasions. We observed the roost from a distance of about 40 m from the trees. The number of individuals was usually easy to estimate by eye since the Cattle Egret arrived in groups. We also recorded the time at which the groups arrived, thus we were able to estimate the time of the first and last arrival and the duration of gathering in the roost site (time of the last arrival – time of the first arrival). The latter is a relative measure of coordination of the roosting



**Figure 1.** Potential effects of weather conditions on the population size at roost sites and synchrony of gathering during roosting of the Cattle Egret. We hypothesize that weather conditions should not change the population size at roosting sites, but could affect the timing and synchrony of arrivals. The prediction is that arrivals should be more synchronous in bad weather than in good weather.

behaviour in the Cattle Egret. By dividing the number of Cattle Egrets recorded in each sampling occasion by the duration of arrivals (occupancy of the roost), we calculated the rate at which individuals gathered in the roosting site. Because weather might affect the roosting collective behaviour of Cattle Egrets, we recorded the weather on each sampling occasion. The weather was classified into three categories: (1) good weather when the sky was clear, no significant clouds and no wind, (2) cloudy weather when the sky was mostly cloudy with light rain and/or moderate winds and (3) bad weather when it was raining, the sky was cloudy (almost fully covered), and/or strong winds.

### Statistical analysis

All statistical analyses were conducted in R 3.3.2 (R Development Core Team 2019). The effects of the season (continuous variable) and weather (categorical variable) were tested on population size at the roosting site, duration of the arrivals, time of the first arrival, time of the last arrival, and the rate of arrival of individuals with analysis of variance (ANOVA), including the two main effects and their interaction. The package *chron* was used to use time data as a continuous response variable (James & Hornik 2018). The relationship between population size and gathering duration was tested using Spearman's correlation test. Reported values are mean  $\pm$  sd.

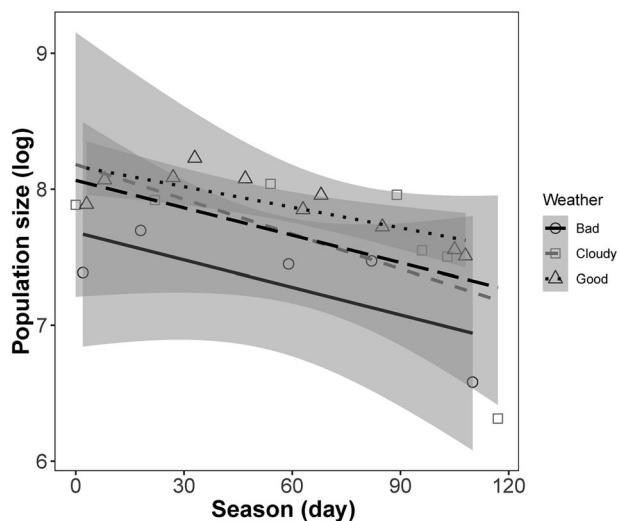
## Results

### Roosting population size

The roosting population size varied between 552 and 3744 during the study period, showing a mean of  $2324 \pm 811.5$ . There was a clear decline of the population size from December to April (Figure 2), revealed by the significant negative effect of the season (ANOVA:  $F_{1,16} = 16.0$ ,  $P = 0.001$ ). The non-significant interaction between weather and season (ANOVA:  $F_{2,16} = 0.23$ ,  $P = 0.79$ ) shows that this population decline at the roosting site occurred similarly irrespective of the weather conditions. Importantly, the significant weather effect shows that population size varied with weather conditions (ANOVA:  $F_{2,16} = 7.6$ ,  $P = 0.004$ ). The mean population size was  $2748 \pm 541$ ,  $2234 \pm 885$ , and  $1603 \pm 541$  in good, cloudy and bad weather, respectively.

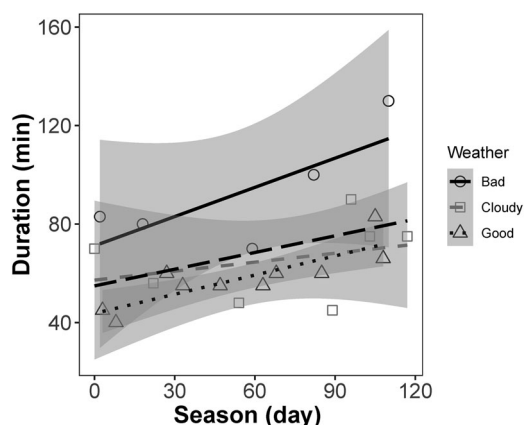
### Roosting timing and arrival duration

The analysis of the roosting timing was conducted based on the duration of gathering and the time of the first and



**Figure 2.** The seasonal pattern of population size (with logarithmic transformation) in the Cattle Egret roost in different weather conditions. The regression lines are simple linear and the grey ribbons are standard errors. The black dashed line is the average regression across all weather conditions. Day 0 is December 24th and the last day of sampling is April 4th.

last arrival of the roosting Cattle Egrets. For the duration of the gathering, the significant positive effect of the season (ANOVA:  $F_{1,16} = 9.79$ ,  $P = 0.006$ ) shows that the duration of arrivals at the roosting site increased across the wintering season (Figure 3). On average, it took  $68.2 \pm 20.86$  min ( $N = 22$ ) for the entire population to occupy the roost site, and the duration increased by 0.22 min per day ( $R^2 = 0.18$ ,  $P = 0.04$ ) throughout the study period. The non-significant interaction between



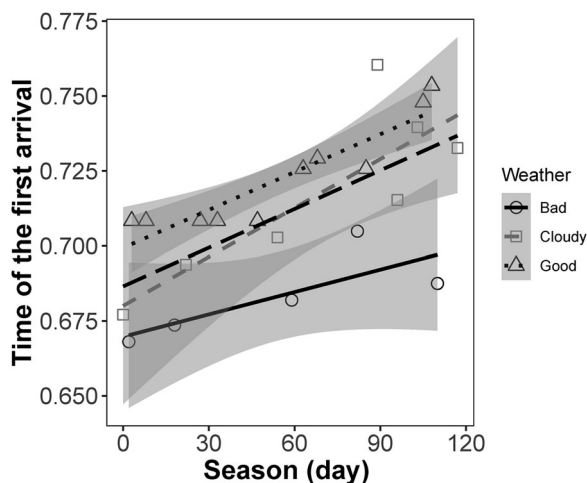
**Figure 3.** The seasonal pattern of the duration of gathering at the Cattle Egret roost in different weather conditions. The regression lines are simple linear and the grey ribbons are standard errors. The black dashed line is the average regression across all weather conditions. Time on B and C is linearized. Day 0 is December 24th and the last day of sampling is April 4th.

season and weather (ANOVA:  $F_{2,16} = 1.04$ ,  $P = 0.37$ ) shows that the pattern of the seasonal increase was similar among weather conditions. The significant weather effect shows that there was a condition-dependent gathering duration (ANOVA:  $F_{2,16} = 12.3$ ,  $P = 0.0005$ ). In bad weather, the duration of arrivals was longer than in cloudy and good weather. In addition, there was a negative correlation between population size and gathering duration (Spearman's correlation:  $r = -0.78$ ,  $P < 0.0001$ ).

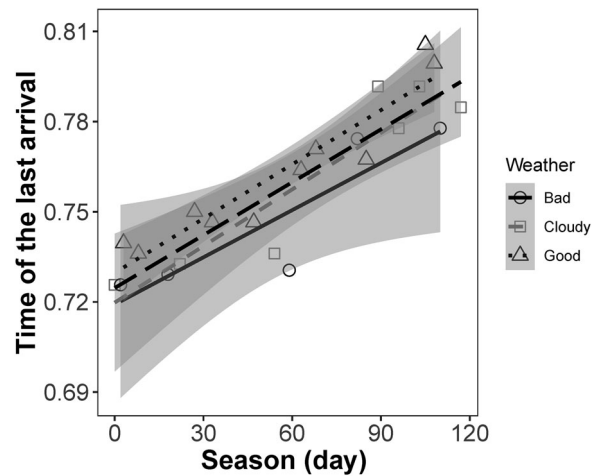
For the timing of arrivals, there was a positive effect of the season on time of first (ANOVA:  $F_{1,16} = 43.8$ ,  $P < 0.0001$ ) and last arrival (ANOVA:  $F_{1,16} = 96.9$ ,  $P < 0.0001$ ), showing that the first and last groups arriving at the roost became progressively later towards the end of the wintering season (Figures 4 and 5). On average, Cattle Egrets started to occupy the roost at 17:05 h and finished at 18:13 h (local time). However, the interaction between the season and weather was not significant in the time of the first and last arrival (ANOVA:  $F_{2,16} = 1.47$ ,  $P = 0.25$ ). The seasonal effect was significant in the time of the first arrival (ANOVA:  $F_{2,16} = 18.1$ ,  $P < 0.0001$ ) but not of the last arrival at roosting sites (ANOVA:  $F_{2,16} = 3.25$ ,  $P = 0.06$ ). In fact, the first individuals to occupy the roost returned earlier in bad weather (Figure 4).

#### Rate of arrival at the roosting site

The rate of arrival at the roosting site was calculated as the number of individuals arriving divided by the time

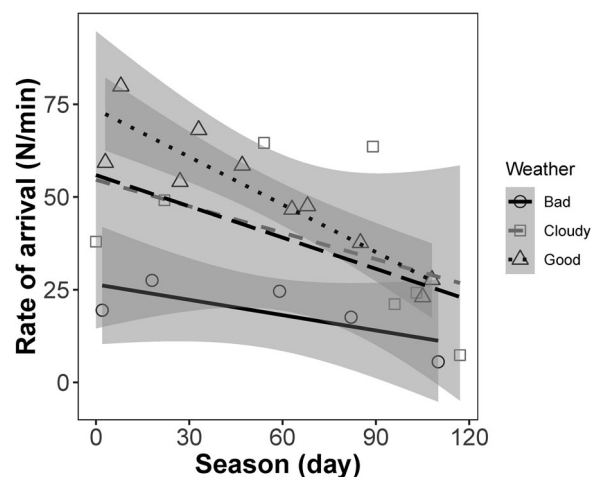


**Figure 4.** The seasonal pattern of the time of the first arrival at the Cattle Egret roost in different weather conditions. The regression lines are simple linear and the grey ribbons are standard errors. The black dashed line is the average regression across all weather conditions. Time is linearized. Day 0 is December 24th and the last day of sampling is April 4th.



**Figure 5.** The seasonal pattern of the time of the last arrival to the Cattle Egret roost in different weather conditions. The regression lines are simple linear and the grey ribbons are standard errors. The black dashed line is the average regression across all weather conditions. Time is linearized. Day 0 is December 24th and the last day of sampling is April 4th.

between the first and last arrival (Figure 6). The mean rate of arrival at the roost was  $39.3 \pm 21.0$  birds per minute ( $N = 22$ ). There was a seasonal decline in the rate of the arrival of individuals to the roost (ANOVA:  $F_{1,16} = 14.8$ ,  $P = 0.001$ ). There was no significant effect of the interaction between weather and season (ANOVA:  $F_{2,16} = 1.29$ ,  $P = 0.30$ ), showing that the seasonal pattern of the rate of arrival of individuals was similar in different weather conditions. The weather effect shows that the rate of arrival of individuals was



**Figure 6.** The seasonal pattern of the rate of arrival of individual Cattle Egrets to the roosting site in different weather conditions. The regression lines are simple linear and the grey ribbons are standard errors. The black dashed line is the average regression across all weather conditions. Day 0 is December 24th and the last day of sampling is April 4th.



greater in good and moderate weather than in bad weather conditions (ANOVA:  $F_{2,16} = 9.37$ ,  $P = 0.002$ ).

## Discussion

Our study shows that there was seasonal variation in the collective roosting behaviour of Cattle Egrets and that weather influenced the number of individuals, the duration and timing of arrivals, and the rate of arrival at the roosting site. More specifically, in good weather, the number of individuals was larger, the duration of arrivals was shorter, the timing was delayed, and the rate of arrival was faster. Interestingly, we showed that the effect of season (time of the year) was almost as strong as that of the weather. The understanding of the mechanisms mediating those climate-dependent roosting behaviours will help us predict how future changes in climatic conditions will influence the collective behaviours of gregarious birds.

The number of individuals in the roost site was highly dependent on the season where higher numbers were observed in the winter and lowest numbers in the spring. This seasonal pattern is consistent with the natural history of the species. In March and April, when the Cattle Egret breeding season starts, the species leaves the wintering roosting sites and occupies breeding sites. The species is known to start building nests during April (Bachir *et al.* 2008, Sbiki *et al.* 2015), which is consistent with the declining pattern of the roosting population size. Interestingly, different from our expectation (Figure 1), weather conditions heavily influenced the number of individuals in the roost during the wintering season. Larger numbers were recorded in good and cloudy weather, but significantly lower numbers were recorded in bad (rainy) weather. While bad weather conditions are known to reduce the number of birds in the wild (Robbins 1981), observing a similar pattern in roosts is curious and it suggests that the roosting group splits into different roosts. Similar roosting behavioural patterns were observed in European Starlings *Sturnus vulgaris* during bad weather (Elkins 1983). There are two mutually non-exclusive hypotheses to explain the cohort splitting. First, birds might tend to find the nearest shelter available during bad weather to avoid getting wet or reduce predation risk (due to lower predator detectability). Second, cohort splitting might be related to the limited availability of sheltered positions within a single roost. Nye (1964) showed that if an individual bird is in good condition (healthy and has large internal reserves), getting wet induces it to lose a lot of energy while maintaining its body temperature, but if the individual is in poor condition, wetting might lead to severe heat loss, hypothermia and ultimately

death. Further studies based on marked individuals will reveal the population structure and the distance travelled by the sub-groups to find new roosts.

The synchronization of arrival at roosts decreased (increase in the duration of arrival) across the wintering season. This asynchronization was the result of the last arriving birds arriving disproportionately later to the roosts. This change in the timing of arrivals at roosts is probably partly due to the seasonal increase in the length of the day. In longer days, individuals probably stayed longer at foraging sites and used sunset as a cue to time roosting (Lucia & Osborne 1983). However, the weather conditions affected the duration of the arrivals. In bad weather, the timing of the first arrival was earlier and that of the last arrival remained relatively unaffected, resulting in an increase in the duration of the arrivals. There are three mutually non-exclusive hypotheses to explain this behavioural pattern. First (the predation hypothesis), the Cattle Egrets could have returned to the roost earlier on rainy days because of predation risk. There could be an interaction between predation risk and weather conditions such that predation risk was greater in bad weather conditions. Hilton *et al.* (1999) suggest that precipitation may increase predation risk of Common Redshanks *Tringa totanus* by European Sparrowhawks *Accipiter nisus* due to lower detection capacity by the prey species. Thus, it is possible that the Cattle Egrets occupied roosts earlier in bad weather conditions to avoid predation. Second (the competition hypothesis), we hypothesize that bad weather induces intraspecific competition for more sheltered sites (scramble competition for sheltered roost microhabitats; Kennedy 1970). It is reasonable to assume that the carrying capacity of sheltered locations in the roost is smaller than that of the total number of locations (including sheltered and unsheltered locations). Thus, early arrival allows individuals to select the best or most appropriate sites within the roost. Third (the orientation hypothesis), given the wealth of literature showing that bad weather influences the orientation of flight in many birds (Richardson 1978, Elkins 1983), we hypothesize that inclement weather alters the group coordination and leads to splitting into different independent sub-units which make different decisions with respect to roost timing (self-organization; Couzin & Krause 2003).

The rate of arrival at the roosting site declined with the season and was dependent on the weather conditions. The seasonal decline in the rate of arrival was the results of the seasonal decline of the number of individuals and the increase of the duration between the first and last arrival of birds in the roost. Contrary

to our prediction, the rate of arrival was faster in good weather and slower in bad weather. This shows seasonal and weather-dependent group coordination in roosting behaviour. Although the ecological seasonality effects on group coordination have been investigated in primates (Doran 1997, Scholz & Kappeler 2004, Pyritz *et al.* 2011), it has received less attention in birds for non-migratory and non-dispersive movements (Walls *et al.* 2005). It is still too premature to speculate on the factors and behavioural mechanisms that control decision making and group organization, this is why further investigation in this area is needed to shed light on group behaviour.

This study is probably the first to assess the collective behaviour and timing of roosting behaviour in Cattle Egrets; an aspect that has received little attention in Ardeidae and other gregarious groups. Our results reveal that weather conditions have a major effect on the size of the roosting flock, the duration and timing of roosting and the rate of arrival at the roost. These findings suggest that the spatial distribution and the behavioural decisions of gregarious species might be heavily influenced by climate change in the future which is expected to affect the frequency, distribution and intensity of rainfall (Prein *et al.* 2017, Zhang *et al.* 2017, Schroeder & Kirchengast 2018). Thus, a clear understanding of these mechanistic eco-physiological dynamics is a priority in global change avian research. The next step is to follow tagged individuals (preferably telemetry tagging) to pinpoint the factors that drive group coordination and decision making in the light of the existing landscape. While this study was conducted on a single site, we recommend future studies to investigate different roosting sites simultaneously to understand whether climatic conditions induce individuals to split into different nearby or farther sites. Finally, our results may apply to other gregarious birds that forage and roost in flocks.

## Acknowledgments

We are thankful to two reviewers and an associate editor for their constructive comments and suggestions. Thanks to Ahmed Bchiri for support and help with logistics.

## ORCID

Rassim Khelifa  <http://orcid.org/0000-0001-6632-8787>

## References

- Bachir, A.S., Barbraud, C., Doumandji, S. & Hafner, H. 2008. Nest site selection and breeding success in an expanding species, the Cattle Egret *Bubulcus ibis*. *Ardea* **96**: 99–108.
- Bertram, B.C. 1980. Vigilance and group size in ostriches. *Anim. Behav.* **28**: 278–286.
- BirdLife International. 2019. Important Bird Areas factsheet: Lac des Oiseaux / Garaet et Touyouur. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 02/07/2019.
- Biro, D., Sasaki, T. & Portugal, S.J. 2016. Bringing a time-depth perspective to collective animal behaviour. *Trends Ecol. Evol.* **31**: 550–562.
- Couzin, I.D. & Krause, J. 2003. Self-organization and collective behavior in vertebrates. *Adv. Study Behav.* **32**: 1–75.
- Crick, H.Q. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis* **146**: 48–56.
- Del Hoyo, J., Del Hoyo, J., Elliott, A. & Sargatal, J. 1992. *Handbook of the Birds of the World*. Lynx edicions, Barcelona.
- Doran, D. 1997. Influence of seasonality on activity patterns, feeding behavior, ranging & grouping patterns in Tai chimpanzees. *Int. J. Primatol.* **18**: 183–206.
- Elkins, N. 1983. *Weather and Bird Behaviour*. Calton, UK: T & AD Poyser.
- Evangelista, D.J., Ray, D.D., Raja, S.K. & Hedrick, T.L. 2017. Three-dimensional trajectories and network analyses of group behaviour within chimney swift flocks during approaches to the roost. *Proc. R. Soc. London Ser. B.* **284**: 20162602.
- Fernández-Juricic, E., Siller, S. & Kacelnik, A. 2004. Flock density, social foraging, and scanning: an experiment with starlings. *Behav. Ecol.* **15**: 371–379.
- Grubb, T.C. 1976. Adaptiveness of foraging in the Cattle Egret. *The Wilson Bulletin* **88**: 145–148.
- Hallett, T., Coulson, T., Pilkington, J., Clutton-Brock, T., Pemberton, J. & Grenfell, B.T. 2004. Why large-scale climate indices seem to predict ecological processes better than local weather. *Nature* **430**: 71.
- Hilton, G.M., Ruxton, G.D. & Cresswell, W. 1999. Choice of foraging area with respect to predation risk in redshanks: the effects of weather and predator activity. *Oikos* **87**: 295–302.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*. Cambridge: Cambridge University Press.
- James, D. & Hornik, K. 2018. chron: Chronological Objects which Can Handle Dates R package version 2.3-53 <https://CRAN.R-project.org/package=chron>.
- Jetz, W. & Rubenstein, D.R. 2011. Environmental uncertainty and the global biogeography of cooperative breeding in birds. *Curr. Biol.* **21**: 72–78.
- Kennedy, R. 1970. Direct effects of rain on birds: a review. *Br. Birds* **63**: 401–414.
- King, A.J. & Sueur, C. 2011. Where next? Group coordination and collective decision making by primates. *Int. J. Primatol.* **32**: 1245–1267.
- Krause, J., Ruxton, G.D., Ruxton, G.D. & Ruxton, I.G. 2002. *Living in groups*. Oxford: Oxford University Press.
- Kroodsma, D.E., Byers, B.E., Halkin, S.L., Hill, C., Minis, D., Bolsinger, J.R., Dawson, J.-A., Donelan, E., Farrington, J. & Gill, F.B. 1999. Geographic variation in black-capped chickadee songs and singing behavior. *Auk* **116**: 387–402.
- Lima, S.L. 1995. Back to the basics of anti-predatory vigilance: the group-size effect. *Anim. Behav.* **49**: 11–20.

- Lombardini, K., Bennetts, R.E. & Tourenq, C. 2001.** Foraging success and foraging habitat use by Cattle Egrets and Little Egrets in the Camargue, France. *Condor* **103**: 38–44.
- Lucia, C. & Osborne, D.R. 1983.** Sunset as an orientation cue in white-throated sparrows. *Ohio. J. Sci.* **83**: 185–188.
- Maddock, M. & Geering, D. 1994.** Range expansion and migration of the cattle egret. *Ostrich* **65**: 191–203.
- Maldonado-Chaparro, A.A., Alarcón-Nieto, G., Klarevas-Irby, J.A. & Farine, D.R. 2018.** Experimental disturbances reveal group-level costs of social instability. *Proc. R. Soc. London, Ser. B* **285**: 20181577.
- Moss, R., Oswald, J. & Baines, D. 2001.** Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *J. Anim. Ecol.* **70**: 47–61.
- Newton, I. 1998.** *Population Limitation in Birds*. London: Academic Press.
- Newton, I. 2008.** *The Migration Ecology of Birds*. Oxford: Elsevier.
- Nye, P.A. 1964.** Heat loss in wet ducklings and chicks. *Ibis* **106**: 189–197.
- Prein, A.F., Rasmussen, R.M., Ikeda, K., Liu, C., Clark, M.P. & Holland, G.J. 2017.** The future intensification of hourly precipitation extremes. *Nat. Clim. Change* **7**: 48.
- Pyritz, L.W., Kappeler, P.M. & Fichtel, C. 2011.** Coordination of group movements in wild red-fronted lemurs (*Eulemur rufifrons*): processes and influence of ecological and reproductive seasonality. *Int. J. Primatol.* **32**: 1325–1347.
- R Development Core Team. 2019.** *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richardson, W.J. 1978.** Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. *Oikos* **30**: 224–272.
- Robbins, C.S. 1981.** Bird activity levels related to weather. *Studies in Avian Biology* **6**: 301–310.
- Robinson, R.A., Baillie, S.R. & Crick, H.Q. 2007.** Weather-dependent survival: implications of climate change for passerine population processes. *Ibis* **149**: 357–364.
- Rubenstein, D.R. & Lovette, I.J. 2007.** Temporal environmental variability drives the evolution of cooperative breeding in birds. *Curr. Biol.* **17**: 1414–1419.
- Sbiki, M., Chenchouni, H. & Si Bachir, A. 2015.** Population increase and nest-site selection of Cattle Egrets *Bubulcus ibis* at a new colony in drylands of north-east Algeria. *Ostrich* **86**: 231–237.
- Scholz, F. & Kappeler, P.M. 2004.** Effects of seasonal water scarcity on the ranging behavior of *Eulemur fulvus* rufus. *Int. J. Primatol.* **25**: 599–613.
- Schroeder, K. & Kirchengast, G. 2018.** Sensitivity of extreme precipitation to temperature: the variability of scaling factors from a regional to local perspective. *Clim. Dyn.* **50**: 3981–3994.
- Scott, D. 1984.** The feeding success of cattle egrets in flocks. *Anim. Behav.* **32**: 1089–1100.
- Seghers, B.H. 1974.** Geographic variation in the responses of guppies (*Poecilia reticulata*) to aerial predators. *Oecologia* **14**: 93–98.
- Si Bachir, A., Ferrah, F., Barbraud, C., Céréghino, R. & Santoul, F. 2011.** The recent expansion of an avian invasive species (the Cattle Egret *Ardea ibis*) in Algeria. *J. Arid Environ.* **75**: 1232–1236.
- Si Bachir, A., Hafner, H., Tourenq, J.-N. & Doumandji, S. 2000.** Structure de l'habitat et biologie de reproduction du Héron Garde-bœuf, *Bubulcus ibis*, dans une colonie de la vallée de la Soummam (Petite Kabylie, Algérie). *Revue d'Ecologie la Terre et la Vie* **55**: 33–43.
- Siegfried, W. 1971a.** Communal roosting of the Cattle Egret. *Trans. R. Soc. S. Afr.* **39**: 419–443.
- Siegfried, W. 1971b.** The food of the Cattle Egret. *J. Appl. Ecol.*, 447–468.
- Walls, S.S., Kenward, R.E. & Holloway, G.J. 2005.** Weather to disperse? Evidence that climatic conditions influence vertebrate dispersal. *J. Anim. Ecol.* **74**: 190–197.
- Zahavi, A. 1971.** The function of pre-roost gatherings and communal roosts. *Ibis* **113**: 106–109.
- Zhang, X., Zwiers, F.W., Li, G., Wan, H. & Cannon, A.J. 2017.** Complexity in estimating past and future extreme short-duration rainfall. *Nat. Geosci.* **10**: 255.