

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE 08 Mai 1945 de GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS

Département d'écologie et du génie de l'environnement



Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister

Option : Ecologie et conservation des zones humides.

THEME

Cartographie de la dispersion de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*)

Présenté par KHELIFA Rassim

Devant le jury :

Président : SAMRAOUI Boudjéma Professeur (Université de Guelma)

Promoteur : MOUSSAOUI Abdelkrim M /Conférence (Université de Guelma)

Examineur : BOULAKHESSAIM Mouloud M /Conférence (Université d'Oum Bouaghi)

Examineur : BAAZIZ Nasser M /Conférence (Université de Constantine)

Année universitaire : 2011/2012

Remerciements

Je remercie d'abord mon encadreur qui m'a soutenu pendant toute la période d'étude. J'adresse les remerciements les plus sincères à M Samraoui pour avoir accepté de présider le jury, et à M Baaziz Nasser et Boulakhessaim Mouloud d'avoir gentiment examiner mon manuscrit.

Un grand merci encore à M. Samraoui de m'avoir permis d'exploiter la base de données de l'ibis falcinelle. Je remercie aussi Mme Samraoui Farrah, Dergali Lamia, Nedjah Riad et Boucheker Abdennour pour m'avoir fourni de la documentation. Je suis redevable au Pr. Andy Green de la station Dōnana pour m'avoir aidé à obtenir certains articles dont j'avais eu du mal à accéder.

A Oucif Samir, « My lovely teacher », qui a accepté gentiment de lire et apporter quelques conseils linguistiques à mon mémoire.

A Mahdjoub Hayat pour avoir généreusement organisé mes références bibliographiques.

Le travail de terrain n'aurait jamais eu lieu sans l'aide de plusieurs personnes : Kahalerras Amine, Youcefi Djalil, Souilah Ramzi, Sakrane Nani, Zehsa Rabeih, Touati Laid, Menai Rachid, Nedjah Riad, Samraoui Boudjema, Amari Hichem, Bouchahdan Issam, Benoughidene Mourad, Khaled Hamza, Laouar Djalil, Bouyedda Nadia, Guebailia amina, Mahdjoub Hayat, A. Bouzid, M. Mendes et Diego Jerez Abad.

Dédicace

*A toute ma famille et spécialement ma mère qui a toujours été
ma source d'inspiration.*

Liste des figures

Fig. 1. Généralités sur l'ibis falcinelle (<i>Plegadis falcinellus</i>).....	4
Fig. 2. Distribution géographique de l'ibis falcinelle.....	7
Fig. 3. Deux espèces d'ibis sujettes à l'hybridation.....	12
Fig. 4. Les différents types de métapopulations.....	18
Fig. 5. Connectivité d'habitat de Sittelle torchepot (<i>Sitta europaea</i>).....	21
Fig. 6. Hotspots de biodiversité et régions sauvages.....	28
Fig. 7. Schéma montrant l'analyse et l'interprétation de l'information géographique.....	30
Fig. 8. Les plans de lecture.....	32
Fig. 9. Modèles de données dans le SIG: raster, vecteur, point de données et attributs.....	34
Fig. 10. Représentation raster.....	36
Fig. 11. Une aire (ligne rouge) et son approximation par un polygone (ligne bleue).....	38
Fig. 12. Les dimensions des Données dans un système géographique d'information).....	39
Fig. 13. Exemples de phénomènes de terrain.....	40
Fig. 14. Cartes représentant les mouvements du Fulmar boréal (<i>Fulmarus glacialis</i>).....	42
Fig. 15. Cartes représentant les mouvements du Grand Cormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i> ...)	43
Fig. 16. Cartes montrant les reprises entre la grande Bretagne et l'Irlande des Oie rieuse (<i>Anser albifrons</i>) allant en (a) Groenland et (b) Russie.....	44
Fig. 17. Rose des vents montrant le mouvement des Oie rieuse (<i>Anser albifrons</i>) à partir et vers la Bretagne et l'Irlande.....	45
Fig. 18. Distance et la direction pour les reprises de bagues d'oies rieuse pour les oiseaux soit bagués ou trouvés en Grande-Bretagne et l'Irlande.....	46
Fig. 19. La distribution spatiale des reprises de petits passereaux bagués au Danemark.....	50
Fig. 20. L'analyse des reprises des sarcelles d'hiver (<i>Anas crecca</i>) baguées en Camargue (France) montrant une petite différenciation dans les populations nord-ouest européennes (points gris) et Méditerranéennes (points noirs), postulées pour cette espèce.....	52
Fig. 21. Image satellite du lac Tonga.....	61
Fig. 22. Image satellite du lac des oiseaux.....	61
Fig. 23. Image satellite de garaet Dakhla.....	62
Fig. 24. Image satellite de garaet Chatt.....	63
Fig. 25. Image satellite du lac Fetzara.....	64

Fig. 26. Colonie d'ibis falcinelle de Chatt.....	68
Fig. 27. Table de bagues d'ibis falcinelle.....	70
Fig. 28. Table de zones humides Algérienne.....	70
Fig. 29. Table de lecture de bague.....	71
Fig. 30. Base de données de l'ibis falcinelle.....	71
Fig. 31. Distribution circulaire de la dispersion natale de l'ibis falcinelle.....	74
Fig. 32. Direction et distance de la dispersion natale de l'ibis falcinelle reproducteur en Numidie durant les 3 ans d'étude.....	75
Fig. 33. Distribution des directions (angles) de la dispersion natale de l'ibis falcinelle.....	76
Fig. 34. Fréquence des distances de dispersion natale par pays d'origine de l'ibis falcinelle.....	76
Fig. 35. Dispersion natale de longue distance de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.....	77
Fig. 36. Dispersion natale locale (Numidie) de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.....	77
Fig. 37. Direction et fréquence de la dispersion automnale de l'ibis falcinelle en Numidie durant les 3 ans d'étude.....	78
Fig. 38. Distribution des directions (angles) de la dispersion automnale vers les sites d'hivernage de l'ibis falcinelle.....	79
Fig. 39. Dispersion automnale de longue distance de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2011.....	80
Fig. 40. Dispersion automnale locale de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2011.....	80
Fig. 41. Directions et distances de la dispersion automnale de l'ibis falcinelle reproducteur en Numidie durant les 3 ans d'étude.....	81
Fig. 42. Fréquence des distances de dispersion natale de l'ibis falcinelle par pays originaire.....	82
Fig. 43. Dispersion printanière de l'ibis falcinelle durant les 3 ans d'étude.....	83
Fig. 44. Dispersion printanière de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.....	84
Fig. 45. Philopatrie aux sites de reproduction de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.....	85
Fig. 46. Philopatrie aux sites d'hivernage de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.....	86
Fig. 47. Voies migratoires pour les ibis falcinelle émigrant en Numidie.....	87

Fig. 48. Distribution d'âge des individus reproducteurs en Numidie.....	89
Fig. 49. Voies migratoires pour les ibis falcinelle immigrant en Numidie.....	90
Fig. 50. Distribution d'âge des individus hivernant en Numidie.....	90

Liste des tableaux

Tableau 1.1. Grandeur de ponte moyenne de l'ibis facinelle dans différentes régions du monde.....	10
Tableau 1.2. Liste d'espèces d'Ibis du monde.....	12
Tableau 2.1. Processus d'extinction et de colonisation dans le cas des Coléoptères Carabidés d'un polder des Pays-Bas 4 ans après la création de ce nouvel habitat.....	20
Tableau 3.1. Avantages relatives des représentations Rasters et vectorielles.....	38
Tableau 3.2. Ellipsoïdes standards utilisées par différents pays.....	41
Tableau.6.1. Sites d'hivernage des ibis bagués observés en différentes saisons d'hivernage..	71
Tableau 6.2. Effectifs d'ibis falcinelles bagués dans chaque site durant les 3 années d'étude.....	73
Tableau 6.3. Taux de reprise en 1 ^{ère} année après le baguage des ibis falcinelle bagués en Numidie.....	73
Tableau 6.4. Taux de reprise annuels des ibis falcinelle bagués en Numidie.....	73

Introduction

Chez plusieurs espèces animales, un mouvement massif, saisonnier et cyclique appelé migration représente une composante importante de leur cycle de vie (Schueller & Schueller, 2009). Cette adaptation comportementale qui a évolué depuis des millions d'années est liée non seulement à la survie mais aussi à la reproduction de ces animaux (Hedenström, 2003). En effet, le débat reste toujours ouvert sur comment et pourquoi un tel phénomène se produit. Pour la première question, les scientifiques pensent que les animaux possèdent des adaptations spécifiques pour trouver leur chemin en utilisant l'acuité visuelle pour établir des repères tels que la position du soleil et des étoiles ou les caractéristiques physiques de l'environnement (montagnes, rivières...), mais aussi l'odorat, le son, le goût ou bien le champ magnétique de la terre (Schueller & Schueller, 2009). Pour la deuxième question concernant les raisons de la migration, beaucoup de chercheurs ont aussi mis en avance plusieurs hypothèses dont la principale est le manque de nourriture (Cox, 1968 ; Gauthreau, 1982). La recherche de meilleures conditions environnementales, abri contre les conditions hivernales rudes, partenaire sexuelle, site de ponte, site de mue, éléments minéraux (les éléphants d'Afrique et les gnous) etc. (Cox, 1968 ; Gauthreau, 1982). Bien que la migration soit bien présente chez certains groupes animaux y compris les insectes, les mammifères, les poissons, les reptiles, elle n'est pas aussi largement répartie et aussi développée que chez les oiseaux (Newton, 2009).

La migration des oiseaux a fasciné les observateurs par son organisation et sa régularité depuis des centaines d'années. Leur capacité à voler leur procure une grande mobilité avec laquelle ils peuvent traverser les océans et d'autres milieux inhospitaliers plus que n'importe quel autre organisme (Newton, 2009). Durant plus d'un siècle, ce mouvement a fait l'objet de beaucoup d'études scientifiques grâce à des méthodes de plus en plus sophistiquées allant de simples observations directes jusqu'à la télémétrie par satellite (Newton, 2009). Le suivi des individus marqués a fourni des informations importantes relatives aux déplacements mais aussi à la démographie des différentes populations (Caswell, 1989) ce qui est indispensable pour une meilleure gestion et conservation des espèces (DeSante et *al.*, 2005). Les données recueillies sont généralement représentées sous forme de cartes grâce au système d'information géographique (SIG). Cet outil sert à organiser et présenter des données alphanumériques et de produire des cartes exploitables dans le domaine de la conservation biologique (Bayliss et *al.*, 2003; Draper et *al.*, 2003; Rouget et *al.*, 2003; Taplin & Lovett, 2003; Vanderpoorten & Engels, 2003, Foody, 2008 ; Vanderpoorten et *al.*, 2005 ; Pedersen et *al.*, 2004) pour faire face à des menaces telles que la dégradation d'habitat,

le changement climatique ou encore le dérangement humain (par exemple : pollution, déforestation).

L'Algérie est un pays très riche en zones humides d'une diversité 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 ; Samraoui & Samraoui, 2008). Les opérations de baguage ont débuté qu'en 2006 avec le Flamant rose (*Phoenicopterus roseus roseus*) à Ezzemoul dans les hauts plateaux (Samraoui *et al.*, 2008). Depuis, plusieurs autres espèces ont suivi notamment l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) (Samraoui *et al.*, 2009), l'héron pourpré (*Ardea purpurea*), l'héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*), l'héron bihoreau (*Nycticorax nycticorax*), l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), le goéland leucophé (*Larus michaellis*), le puffin cendré (*Calonectris diomedea*) et le faucon d'Eléonore (*Falco eleonora*).

Dans cette étude nous nous sommes focalisé sur l'ibis falcinelle, une espèce baguée et suivie depuis 2008 en Numidie (Samraoui *et al.*, 2009). Cette espèce est présente dans la majeure partie de la terre (Cramp & Simmons, 1977). Son aire de reproduction a subi des changements importants durant les deux dernières décennies (Hancock *et al.*, 1992). Durant la dernière moitié du 20ème siècle, l'espèce a étendu son aire de reproduction en Europe méridionale (Purroy, 1997; Dietrich *et al.*, 1999; Figuerola *et al.*, 2004), en Afrique du Nord (Hailman, 1959; Finch, 1972; Stepney & Power, 1973; Patten & Lasley, 2000), au Sud de l'Inde et au Nord d'Amérique du Sud (Gochfeld, 1973). Au Nord d'Afrique, la reproduction de l'ibis falcinelle a été enregistrée au milieu du 19ème siècle en Algérie et au nord du Maroc (Vaucher, 1915). Dans notre pays, le lac Fetzara et le lac Halloula ont été les deux premiers sites où l'espèce a été notée reproductrice (de Balsac & Mayaud, 1962). Zedlitz (1914) a enregistré à nouveau sa reproduction au lac Fetzara un demi-siècle après. Finalement, durant ces dix dernières années, de nouveaux sites de reproduction ont été découverts notamment Lac Tonga, Dakhla et Chatt (Belhadj *et al.*, 2007, Bouchecker *et al.*, 2009).

Le but de ce travail est de cartographier la dispersion de l'ibis facinelle à travers les reprises de bagues entreprises dans les zones humides de la Numidie.

Ce mémoire est structuré comme suit:

Un premier chapitre, illustre la biologie et l'écologie de l'espèce.

Un second chapitre, aborde les métapopulations et la biologie de la conservation.

Un troisième chapitre, donne une petite synthèse sur les méthodes de représentation des reprises de bagues.

Un quatrième chapitre, décrit les sites d'étude.

Un cinquième chapitre, montre le matériel et les méthodes utilisés durant l'étude.

Un sixième chapitre, présente les résultats soutenus par une discussion pour enfin finir avec une conclusion.

Chapitre 1

Biologie et Ecologie de l'espèce

<p>Systematique</p> <p>Ordre : Ciconiiformes Famille : Threskiornithidae Genre : <i>Plegadis</i> Espèce : <i>falcinellus</i></p>	 <p>En vol</p>
<p>Biométrie</p> <p>Longueur totale: 55-65 cm [1]. Envergure: 80-95 cm [1]. Poids: 530 - 768 g (Cramp & Perrins 1994).</p>	 <p>Adulte</p>
<p>Identification du sexe</p> <p>Le sexe est semblable, le plumage est identique mais le mâle est plus grand que la femelle [1].</p>	 <p>Juvenile</p>
<p>Statut en Algérie</p> <p>Hivernante, Nicheuse, Sédentaire (Boucheker, 2010).</p>	 <p>éclipse</p>
<p>Noms communs</p> <p>DZ. Boumendjel, FR. Ibis falcinelle, SP. Mori to, GE. Sichler, Du. Zwarte Ibis, Ru. Каравайка, Sw. Svart ibis [1].</p>	

Fig. 1. Généralités sur l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*).

1.1. Famille des Threskiornithidés :

La famille des Threskiornithidés comprend 35 espèces (Tableau 1.2) réparties sur 14 genres et divisées en deux groupes: Les ibis typiquement (13 genres) et les spatules (Birdlife International, 2009). Cette famille compte une espèce éteinte l'Ibis de la Réunion (*Threskiornis solitarius*), quatre espèces en danger critique d'extinction, quatre espèces menacées et une grande majorité des espèces ont un statut de préoccupation mineure (Birdlife International, 2009 in Bouchekar). L'Algérie compte deux autres espèces de la famille de Threskiornithidés (Isenmann & Moali, 2000): l'Ibis chauve (*Geronticus eremita*), espèce en

danger critique d'extinction et la spatule blanche (*Platalea leucorodia*) qui à un statut de préoccupation mineure (Birdlife International, 2009).

1.2. Identification de l'espèce :

L'ibis falcinelle est un petit ibis noir largement réparti, ayant 56-63 cm de hauteur et pesant 500-800 g [1]. Il est caractérisé par la possession d'un reflet métallique vert sur son plumage noir [1]. Au cours de la saison de reproduction, la tête de l'adulte et le cou sont d'un brun fuligineux avec des rayures blanches fines provenant de plumes blanches à bords [1]. Une châtaigne brillante est particulièrement évidente sur les plumes du dos, les ailes, la queue et l'avant de la tête [1]. Les plumes de vol sont noirs verdâtres [1]. La peau exposée du visage est pourpre noirâtre, l'iris est gris foncé au brun, et le bec qui est recourbé vers le bas est brun au noirâtre [1]. Les pattes sont bruns foncés [1]. Les sexes sont semblables dans la coloration du plumage, mais le mâle est plus grand dans toutes les mensurations [1]. La longueur totale des mâles est en moyenne environ 63,5 cm, par opposition à 55,3 cm pour les femelles (Dementiev & Gladkov, 1951). Les différences sont tellement visibles qu'elles peuvent être utilisées sur terrain [1].

Une mue partielle prénuptiale se produit, et, pendant la saison de reproduction, le plumage augmente en éclat. Le lustre est d'un châtain vif sur le cou, le manteau, les épaules et le ventre. Le dessus de la tête, la queue et les ailes sont violets et le verts. Les lores restent bruns foncés, mais le visage devient bleu pâle lors de la parade, passant au violet foncé par la suite. Un blanc distinctif à la ligne bleu pâle se développe sur la peau en bordure du plumage du front et les côtés du visage, mais ne s'étend pas derrière les yeux ou sous le menton. Une mue complète postnuptiale se produit avant l'hiver (Bouchecker, 2010).

Les oisillons sont noirs fuligineux. Ils ont une tache rouge de la peau sur la couronne, qui disparaît au cours de la première semaine, ainsi que d'un patch d'accompagnement de plumes blanches sur la tête et la gorge. Le bec est rose avec un nombre variable de bandes noires. Les lores et les pattes sont de couleur rose, l'iris est brun grisâtre (Bouchecker, 2010).

1.3. Distribution :

Dans le Paléarctique, l'ibis falcinelle présente une aire de répartition géographique discontinue qui s'étend du sud de l'Europe à l'Asie Centrale (Cramp *et al.*, 1977) (Fig 1.2). L'essentiel de sa population se trouve en Europe de l'Est avec un effectif estimé de 16 200 à 18 900 couples dont la moitié en Russie (Delany & Scott, 2002).

En Europe, en dehors de la Russie et de la Hongrie, son aire de distribution se réduit et sa population est en déclin, probablement en raison de pertes d'habitats dans les Balkans (Delany & Scott, 2002).

La reproduction de l'ibis falcinelle en Afrique du nord, a été notée pour la première fois au milieu du dix-neuvième siècle et semblait être confinée entre l'Algérie et le nord du Maroc (Vaucher, 1915).

La colonisation de l'Algérie en 1830, a permis aux naturalistes français engagés au sein de l'armée française de parcourir le pays tout en récoltant des données. En 1856, deux œufs d'ibis falcinelle ont été récoltés du lac Halloula, en même temps, Loche a enregistré la reproduction de la même espèce au lac Fetzara et au lac Halloula (Heim De Balsac & Mayaud, 1962). Un demi-siècle après, Spatz confirme sa reproduction au lac Fetzara (Zedlitz, 1914 in Boucheker, 2010). Après une longue période d'absence, elle s'est encore reproduite au lac Fetzara (Boucheker *et al.*, 2009) ainsi que dans trois nouveaux sites: lac Tonga (Belhadj *et al.*, 2007 ; Boucheker, 2010), Dakhla et Chatt (Boucheker *et al.*, 2009).

1.4. Habitat :

L'espèce préfère les eaux peu profondes ; lacs, lagunes, terres inondables, deltas, rivières, estuaires et parfois des plages côtières peu profondes; mais aussi des terres cultivées et les rizières (Cramp *et al.*, 1977).

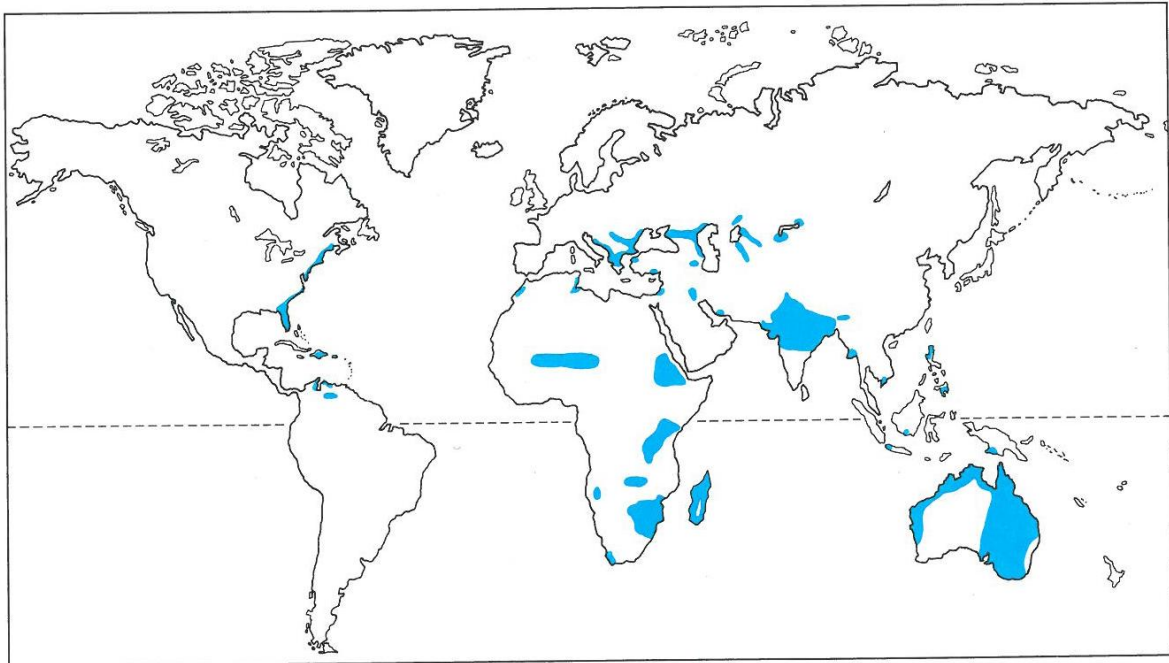


Fig. 2. Distribution géographique de l'ibis falcinelle (Hancock et *al.* 1992). Cette carte ne représente pas vraiment la distribution actuelle de l'espèce. Une grande expansion géographique s'est produite durant ces deux dernières décennies particulièrement en Amérique du Nord et dans le bassin méditerranéen.

1.5. Chant :

Les émissions sonores de l'ibis falcinelle sont des sons graves qui ressemblent à 'Graa Graa Graa'. Parfois émises en vols par des individus solitaires, en couple ou en groupe, avec des variantes 'Rha', 'Rraa' et 'Graak', qui varient des longues guttural croasse à des basses grognements. Au nid, des grognements sont émis, suivi d'une ou de notes comme le bêlement des jeunes veaux (Cramp et *al.*, 1977).

1.6. Statut :

Dans notre pays, l'espèce est présente la majorité de l'année (Samraoui & Samraoui, 2008; Boucheker, 2010). Au moins deux populations différentes ont été trouvées en Algérie: l'une est résidente et l'autre est migratrice (Samraoui et *al.*, 2009). Des Ibis falcinelles bagués ont aussi été observés traversant le Sahara dans leur migration (Shogolev, 1996 observation personnelle in Samraoui et *al.*, 2009). A la fin des années 80s et au début des 90s, l'espèce a commencé à nouveau à se reproduire autour du bassin méditerranéen : l'Italie continentale (Brichetti, 1986), la Sardaigne (Grussu, 1987), le Sud de la France (Heinzel & Martinoles, 1988), la Tunisie (Isenmann et *al.*, 2005), le Maroc (Rousseau, 1994)

et en Espagne (Juana, 1994 in Purroy, 1997). Après une importante expansion ces dernières années, l'espèce est bien établie en Espagne (Figuerola et *al.*, 2004). Jusqu'en 2009, aucune donnée n'a confirmé l'hivernage de l'ibis falcinelle de l'Europe centrale et de Sud en Afrique du Nord. De plus, l'étendue des échanges qui s'effectuent entre les colonies existantes dans les régions ouest méditerranéennes, ni même en Numidie (Nord-est d'Algérie) a été inconnue (Samraoui et *al.*, 2009) sachant que jusqu'à maintenant les colonies Algériennes d'ibis falcinelle n'ont été enregistrées qu'en Numidie (Samraoui & Samraoui, 2008). Au Nord du Maroc (complexe des zones humides de Smir), l'espèce a été enregistrée hivernante et migratrice à long cours (El Agbani et *al.*, 2009).

1.7. Vol :

La silhouette de l'ibis falcinelle est typique en vol: corps entièrement sombre, longues pattes et cou allongés, long bec recourbé, larges ailes. Les battements d'ailes sont amples, rapides et effectués en alternance avec des planés (Bouchekar, 2010).

1.8. Reproduction :

1.3.8.1. Choix de colonie et site de nidification :

L'espèce niche généralement dans des colonies mixtes, avec des effectifs variant de quelques individus à des milliers souvent avec d'autres hérons, des spatules et des cormorans (Hancock et *al.*, 1992). Les espèces de *Plegadis* (*P. ridgwayi* et *P. chihi*) utilisent exclusivement les marais comme site de nidification (Olrog, 1959, Koepke, 1954), sauf pour *P. falcinellus* qui les choisit que rarement (Burger & Miller, 1977). L'ibis falcinelle est assez polyvalent concernant le choix des sites de nidification. En effet, beaucoup de colonies décrites dans la littérature nichaient sur la terre ferme (sur le sol ou sur les arbres) incluant *Phragmites*, *Prunus*, *Myrica*, *Salix*, *Pinus*, *Juniperus* et des vieux buissons (Baynard, 1913, Middlemiss, 1955 ; Palmer, 1962 ; Post, 1962 ; Bauer & Glutz von Blotzheim, 1966 ; Davis, 1966 ; Ali, 1969 ; Dement'ev & Gladkow, 1951 ; Post et *al.*, 1970). D'autres nichaient dans des roselières denses, cas de l'Europe, l'Afrique du Nord (Numidie) et de l'Afrique du Sud (Bauer & Glutz von Blotzheim, 1966 ; Bouchekar et *al.*, 2009 ; McLachlan & Liversidge, 1969). Cette plasticité de choix de site de reproduction a permis à l'espèce une évolution rapide de son aire de distribution, parfois au détriment de son espèce congénérique *P.chihi*, en

Amérique du Nord et de Sud (Burger & Miller, 1977). Enfin, d'un point de vue évolutif, et sur la base de préférence d'habitat et de la taille des nids, Burger & Miller (1977) ont suggéré que l'ancêtre de *Plegadis* était un reproducteur des marais.

1.8.2. Construction des nids :

Selon Hancock et *al.* (1992), les nids sont généralement bien couverts de végétation avec une coupe bien établie et des bouts de plantes (principalement des fines branches) soigneusement disposés. Le nid qui est assez grand (30-40 cm de large et de 4-27 cm d'épaisseur) est construit par les deux sexes, bien que le mâle ramène la plupart des matériaux. L'entretien du nid se prolonge tout au long de la période de nidification.

1.8.3. Site d'alimentation :

Durant la saison de reproduction, les ibis facinelles parcourent des distances assez considérables (une moyenne de 7.3 km avec un maximum de 12.4 km) du site de nidification vers les sites d'alimentation (Custer & Osborn, 1978). La préférence d'habitat en dehors des sites de reproduction n'a que rarement été documentée (Davis & Kricher, 2000 ; Trocki & Paton, 2006). Trocki & Paton (2006) ont trouvé que les individus reproducteurs utilisaient principalement les prairies mais côtoyaient moins fréquemment les marais salés. Une expérience entreprise par DeSanto et *al.* (1997) sur l'ibis blanc a indiqué que les poussins peuvent être physiologiquement limités par la tolérance au sel lorsqu'ils sont alimentés par des proies salées (ayant une grande concentration de sel) diminuant leur taux de survie, une conclusion qui a suggéré par la suite que les ibis adultes évitent de fréquenter les zones humides salées durant la période d'alimentation des poussins. Par ailleurs, Ferren & Meyers (1998) ont observé que durant cette saison, les ibis falcinelles préféraient les zones agricoles en se nourrissant principalement de proies terrestres.

1.8.4. Biologie de la reproduction :

La grandeur de ponte dans plusieurs régions du monde est résumée dans le tableau 1.1. La reproduction en Afrique du Nord est plus tardive (Juin – Juillet) qu'en Europe (Heim de Balzac & Mayaud, 1962), bien que des périodes assez précoces (mi Avril) ont été enregistrées en Numidie (Boucheker et *al.*, 2009). L'incubation est assurée conjointement pendant 21 jours. La mortalité des poussins est plus importante lors des 5 premiers jours après l'éclosion

et ceci a été interprété comme étant le résultat d'une compétition pour la nourriture entre les poussins (Williams, 1975). Les petits ne savent pas voler avant 50 jours (Cramp *et al.*, 1977).

Tableau 1.1. Grandeur de ponte moyenne de l'ibis facinelle dans différentes régions du monde.

Région ou pays	Grandeur de ponte	Source
Algérie (Numidie)	3.7 ± 0.6	Boucheker <i>et al.</i> , 2009
Algérie (Lake Tonga)	3.9 ± 0.6	Belhadj <i>et al.</i> , 2007
Australie	3.1 (2-6)	Lowe, 1983
Amérique du Nord	2.4 - 2.9	Bull, 1974; Williams, 1975; Burger, 1978
Paléarctique	4 (3-6)	Cramp & Simmons, 1977.

1.9. Longévité :

A travers les lectures de bagues, Rydzewski (1973 in Hancock *et al.*, 1992) a enregistré un individu âgé de près de 20 ans.

1.10. Régime alimentaire :

L'espèce se nourrit en marchant lentement dans des eaux peu profondes et en agitant rapidement son long bec dans l'eau et dans la vase. L'ibis falcinelle se nourrit dans des regroupements plurispécifiques d'échassiers avec des espèces commensales telles que des aigrettes qui bénéficient du dérangement produit par l'ibis pour capturer ses proies (Erwin, 1983 in Hancock *et al.*, 1992). L'espèce possède une large gamme de proies allant de larves et adultes d'insectes (libellules, criquets, coléoptère aquatique, scarabées, charançons, muches), vers de terre, mollusques, araignées, écrevisses et d'autres crustacées, à des poissons, grenouilles, têtards et des serpents (Hancock *et al.*, 1992). L'étude de Macías *et al.* (2004) du régime alimentaire de l'ibis falcinelle à Doñana, l'une des plus grandes colonies de la méditerranée, a montré que durant la saison de reproduction l'espèce se nourrit principalement de coléoptères aquatiques et de larves d'odonates, mais aussi de salamandres et de carpes avec des proportions moins importantes. Cependant, une méconnaissance de son régime en dehors de la saison de reproduction peut être notée.

En Algérie, le régime alimentaire des poussins a été déterminé à travers leurs régurgitas se composant principalement de coléoptères aquatiques, grenouilles et de larves

d'odonates (Samraoui et *al.*, 2009). Le site d'alimentation peut être distant de plusieurs kilomètres de son site de nidification si la végétation arborée n'est pas suffisamment développée en bordure d'eau (Cramp et *al.*, 1977).

1.11. Conservation :

Le statut actuel de l'espèce est mal connu à cause de sa tendance régulière et rapide à changer de site de nidification, donc on observe souvent des diminutions du nombre d'individus dans une région liées à des augmentations dans une autre. En Afrique du Nord, la chasse et le vandalisme ne constituent pas des menaces aussi importantes aux oiseaux d'eau que la fragmentation des habitats, les changements hydrologiques, le dérangement, l'introduction de la carpe, le surpâturage et l'aquaculture (Samraoui & Samraoui, 2008). Avec la protection des sites d'alimentation et de reproduction, la Numidie est capable de maintenir une grande population d'ibis falcinelle (Samraoui et *al.*, 2009). Des études restent à faire sur la biologie, la dispersion et la structure des populations pour obtenir de meilleures informations qui seront importantes pour la conservation de l'espèce.

1.12. Hybridation :

L'ibis à face blanche (*Plegadis chihi*) est une espèce qui est morphologiquement très proche de l'ibis falcinelle. Ces deux dernières peuvent se croiser en captivité (Parkes, 1955 ; Palmer, 1962). Les deux espèces nichent en sympatrie en Louisiane et l'Alabama (USA) (Duncan & Johnson, 1977). Arterburn & Grzybowski (2002) ont observé plusieurs hybrides probables *Plegadis falcinellus* (Ibis falcinelle) × *Plegadis chihi* (l'ibis à face blanche) à Alfalfa County en Oklahoma (USA). Ces hybrides sont difficiles à identifier sur terrain (Fig. 3).

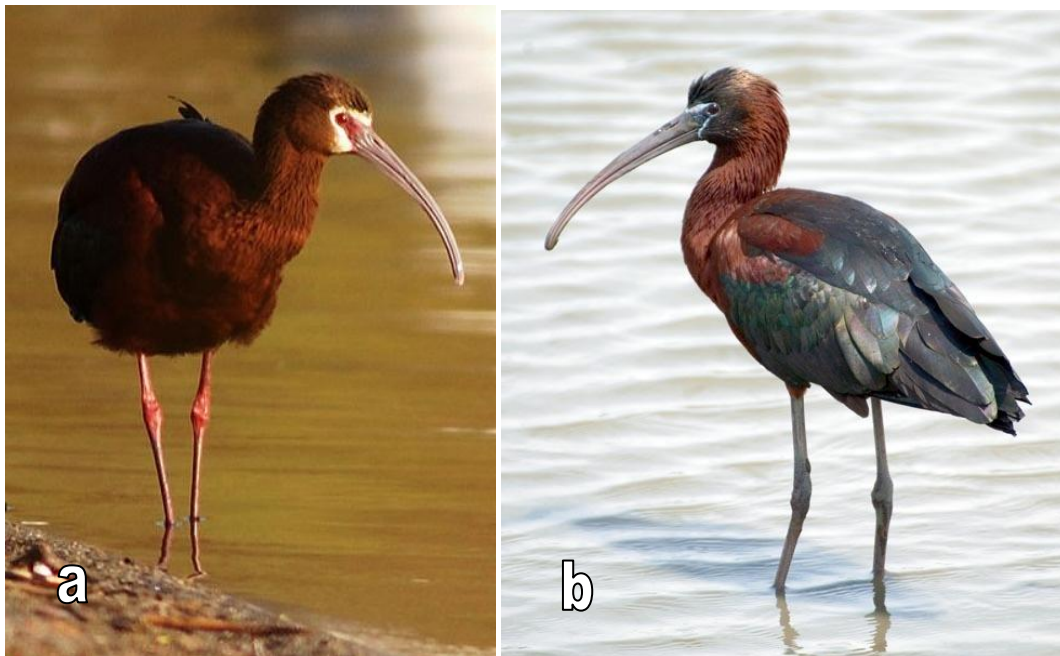


Fig. 3. Deux espèces d'ibis sujettes à l'hybridation.

a - Ibis à face blanche (*Plegadis chihi*) [4]; b - Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) [5].

Tableau 1.2. Liste d'espèces d'Ibis du monde (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2009). (EX) Éteint, (CR) En danger critique d'extinction, (EN) En Danger, (VU) Vulnérable, (NT) Presque menacé, (LC) Préoccupation mineure.

Espèce	Statut
Ibis de la Réunion (<i>Threskiornis solitarius</i>)	EX
Ibis sacré (<i>Threskiornis aethiopicus</i>)	LC
Ibis malgache (<i>Threskiornis bernieri</i>)	EN
Ibis à tête noire (<i>Threskiornis melanocephalus</i>)	NT
Ibis à cou noir (<i>Threskiornis molucca</i>)	LC
Ibis d'Australie (<i>Threskiornis spinicollis</i>)	LC
Ibis noir (<i>Pseudibis papillosa</i>)	LC
Ibis de Davison (<i>Pseudibis davisoni</i>)	CR
Ibis géant (<i>Thaumatibis gigantea</i>)	CR
Ibis chauve (<i>Geronticus eremita</i>)	CR
Ibis du Cap (<i>Geronticus calvus</i>)	VU
Ibis nippon (<i>Nipponia nippon</i>)	EN
Ibis hagedash (<i>Bostrychia hagedash</i>)	LC
Ibis caronculé (<i>Bostrychia carunculata</i>)	LC
Ibis olive (<i>Bostrychia olivacea</i>)	LC
Ibis de São Tomé (<i>Bostrychia bocagei</i>)	CR
Ibis vermiculé (<i>Bostrychia rara</i>)	LC
Ibis plombé (<i>Theristicus caerulescens</i>)	LC
Ibis mandore (<i>Theristicus caudatus</i>)	LC
Ibis à face noire (<i>Theristicus melanopis</i>)	LC

<i>Ibis à queue pointue (Cercibis oxycerca)</i>	LC
<i>Ibis vert (Mesembrinibis cayennensis)</i>	LC
<i>Ibis à face nue (Phimosus infuscatus)</i>	LC
<i>Ibis blanc (Eudocimus albus)</i>	LC
<i>Ibis rouge (Eudocimus ruber)</i>	LC
<i>Ibis falcinelle (Plegadis falcinellus)</i>	LC
<i>Ibis à face blanche (Plegadis chihi)</i>	LC
<i>Ibis de Ridgway (Plegadis ridgwayi)</i>	LC
<i>Ibis huppé (Lophotibis cristata)</i>	NT
<i>Spatule blanche (Platalea leucorodia)</i>	LC
<i>Spatule royale (Platalea regia)</i>	LC
<i>Spatule d'Afrique (Platalea alba)</i>	LC
<i>Petite Spatule (Platalea minor)</i>	EN
<i>Spatule à bec jaune (Platalea flavipes)</i>	LC
<i>Spatule rosée (Platalea ajaja)</i>	LC

Chapitre 2

Métabopulation et biologie de la conservation

2.1. Métapopulation :

2.1.1. Notion de métapopulation :

Le terme métapopulation découle de la notion générale de la structure hiérarchique de la nature. Semblable au terme population qui est nécessaire pour décrire l'ensemble des individus en interaction, la métapopulation est un ensemble de populations locales, délimitées dans l'espace et liées par un certain degré de migration (Levins, 1970). Il est à la fois conceptuellement très intéressant et utile dans l'étude de la biologie des populations de considérer explicitement la séquence des entités des individus aux populations locales et aux métapopulations (Hanski & Gaggiotti, 2004). Les études théoriques sont largement facilitées par la vision du paysage comme un réseau de patches d'habitats inhabités par les populations locales. Et ce n'est pas juste de la théorie : il y a d'innombrables espèces qui ont une telle structure de population dans quelques paysages, et la perte et la fragmentation continues d'habitat forcent un grand nombre d'espèces d'adopter une structure de métapopulation. (Hanski & Gaggiotti, 2004). D'autres espèces ont des distributions spatiales plus continues dans des environnements moins distincts et moins patchés, et même pour ces espèces et pour certaines raisons la vision de la métapopulation dans la nature peut être utile.

Une approche de métapopulation se réfère à la recherche ou la gestion qui, dans une forme ou une autre, adopte la vision que les populations locales, desquelles les métapopulations se composent, sont des entités discrètes dans l'espace et que ces dernières s'interagissent via la migration et le flux des gènes (Hanski & Gaggiotti, 2004). La dynamique des métapopulations classique dans le sens pionnier par Levins (1969, 1970) s'est focalisé sur les processus d'extinction locale et de recolonisation de la même manière que la dynamique des populations est concernée par la naissance et la mortalité des individus. Cependant, un tel renouvellement (turnover) de population n'est ni une condition nécessaire pour que l'approche de métapopulation soit utile, ni un trait caractéristique de toutes les espèces qui sont structurées, dans certains paysages, en populations locales discontinues. Des questions importantes ont besoin d'être posées sur l'interaction des populations locales permanentes, par exemple dans le contexte de dynamique des « sources et puis » (source and sink) (Hanski & Gaggiotti, 2004).

La biologie des métapopulations représente une façon de mettre d'une manière explicite la biologie des populations dans un contexte spatial. Le principe de base de l'*écologie spatiale*, qui inclut l'écologie des métapopulations aussi bien que d'autres

approximations, est que la position spatiale des individus et des populations compte, dans le sens de son influence sur le taux de croissance, la dynamique des populations et métapopulations, leurs compétitives, prédateur-proie et d'autres interactions. De même, on peut utiliser le terme de biologie des populations spatiales pour illustrer l'influence des positions spatiales des individus et populations sur leur génétique, leur dynamique évolutionnaire aussi bien que leur dynamique écologique. Cette question de positions spatiales est une observation très commune des biologistes qui travaillent sur les plantes et d'autres organismes sessiles (Hanski & Gaggiotti, 2004).

Ainsi, Harper (1977) a titré l'une des cinq sections principales de sa biologie des populations de plantes comme « Les effets des voisins ». L'importance des positions spatiales a été moins évidente dans le cas des animaux mobiles qui peuvent former plus ou moins un croisement aléatoire (panmictique) des populations. Cependant, du point de vue des interactions écologiques, les positions spatiales sont souvent également importantes dans les animaux mobiles. L'un des exemples est le nombre d'espèce d'insectes avec un stade adulte mobile mais un stade larvaire immobile (Hanski & Gaggiotti, 2004). Les larves font la plupart des interactions et donc leur distribution spatiale est très importante pour la dynamique de l'espèce (de Jong, 1979), la dynamique compétitive (Hanski, 1981 ; 1990a) et celle du prédateur-proie (Hassell, 1978 ; 2000). En fait, depuis les années 1970, l'agrégation spatiale des individus en interaction a été l'un des thèmes les plus importants dans la dynamique des populations. Ces types de structures spatiales intra-population ont aussi des conséquences évolutives, et ceci a fait l'objet de plusieurs études (Levins, 1970 ; Boorman & Levitt, 1973 ; Cohen & Eshel, 1976 ; Wilson, 1980; Wilson et *al.*, 1992; Mitteldorf & Wilson, 2000). La modélisation de la génétique des populations distribuées de manière continue a débutée par Wright (1940 ; 1943 ; 1946) et suivie par Malecot (1948). Ces deux auteurs ont trouvé des difficultés dues à l'agrégation spatiale des individus (Felsenstein, 1975). Un progrès énorme a été fait dans ce domaine durant les 20 dernières années en utilisant les simulations de Monté Carlo, les méthodes d'autocorrélation spatiale et les modèles du réseau (Epperson & Allard, 1989 ; 1993 a ; b ; 1995; Rousset, 2000).

Prendre la structure de population dans laquelle la reproduction est panmictique mais les interactions écologiques sont localisées, il y a deux manières d'aborder le domaine de la dynamique des métapopulations. Premièrement, la dispersion généralisée peut ne pas se passer dans toutes les générations, dans laquelle des patches de microhabitat hébergent non pas que des ensembles d'individus d'une seule génération interactive mais des populations

locales multigénération. Les insectes qui vivent dans les bois en décomposition fournissent un bon exemple, allant de ceux qui se dispersent complètement à chaque génération aux espèces qui forment des populations locales qui n'effectuent presque aucun déplacement pour dix ou même des centaines de générations.

Le facteur décisif est simplement la longévité du microhabitat en relation avec la durée de vie des individus, soulignant le point le plus généralement valide que la dynamique des métapopulations est typiquement déterminée aussi bien autant, ou plus, par la structure et la dynamique de l'environnement physique aussi bien que les propriétés de l'espèce. Dans la littérature de la génétique des populations, le genre de situation représenté par les populations d'insectes qui habitent des microhabitats de longue durée a été examiné sous la rubrique de modèle de *meule de foin* (*Haystack model*) (Maynard Smith, 1964; Bulmer & Taylor, 1981). La deuxième façon d'aller au domaine de métapopulation à partir de populations locales panmictiques est simplement par l'expansion de l'échelle spatiale: la plupart des organismes ont un pouvoir limité de dispersion, ainsi il y a une échelle spatiale à laquelle la plupart des interactions, incluant l'accouplement, se passent dans les populations, tandis qu'à des échelles spatiales plus larges, ces populations locales sont connectées par la migration et le flux de gène. C'est spécialement naturel de tourner à l'approche de métapopulation si l'environnement est physiquement fragmenté en parcelles d'habitats capables de supporter des populations locales. La biologie des métapopulations reconnaît que plusieurs, si ce n'est pas la plupart, des processus écologiques, génétiques et évolutifs se passent à des échelles spatiales qui sont plus grandes qu'à l'échelle dans laquelle la plupart des individus se dispersent. Donc il y a une structure spatiale à l'échelle de métapopulation qui ne devrait pas être ignorée. Le passage à des échelles encore plus larges, aux aires géographiques des espèces, apporte d'autres processus qui sont au-delà du concept de métapopulation.

2.1.1.1. Définition et types de métapopulations :

Dans un paysage caractérisé par l'hétérogénéité spatiale et par la fragmentation des écosystèmes sous l'influence de l'homme beaucoup d'espèces sont réduites à l'état de populations isolées qui peuvent s'éteindre sous l'action de processus aléatoires variés. Mais, si les individus de ces populations sont capables de se disperser et de franchir les espaces qui séparent les divers milieux habités, des processus de colonisations pourront compenser les processus d'extinction. Une métapopulation est un ensemble de sous-populations

interconnectées par des individus qui se dispersent (Hanski, 1991). Le concept de métapopulation est fondé sur la contestation que l'espace est fragmenté en habitats distincts et séparés et qu'il existe des habitats favorables et d'autres défavorables à l'installation d'une espèce. Ceci rapproche l'étude des métapopulations de l'écologie des paysages mais s'en éloigne aussi car l'écologie des paysages étudie tous les habitats et les relations qui existent entre eux au lieu de ne s'intéresser qu'à un type d'habitat favorable à une espèce. L'étude théorique et pratique des métapopulations est en plein développement. La biologie des populations et la biologie de la conservation sont les deux principaux bénéficiaires de la théorie des métapopulations qui complète et améliore la théorie de la biogéographie insulaire.

Quatre types de métapopulations peuvent être distingués (Fig. 4):

a) Le premier type (figure 4.a) qui a inspiré le modèle de Levins correspond à un ensemble de sous-populations vivant dans des milieux un peu identiques, en équilibre dynamique par suite des processus de colonisations et d'extinctions qui se manifestent dans chaque sous-population. Exemple : les populations de Daphnies qui vivent dans les rock pools, la grenouille *Rana lessoniae* qui vit dans divers étangs, la grande métapopulation du papillon *Melitaea cinxia* qui habite dans les îles Åland, diverses espèces de passereaux occupant des petit bois. Parmi les petits mammifères, le pika, *Ochotona princeps* est un rongeur nord Américain dont les individus vivent dans les amas de rochers qui sont séparés les uns des autres par une distance moyenne de 20 mètres, ce qui autorise des processus de déplacement et d'immigration d'un endroit habité à un autre provisoirement inhabité (Smith & Gilpin, 1977).

b) Le deuxième type (figure 4.b) correspond à une métapopulation dans laquelle une aire principale importante ayant une population nombreuse sert de source pour des habitats périphériques beaucoup plus réduits en surface dans lesquels les populations s'éteignent et se reconstituent en permanence par immigration (type appelé « mainland island »). Ce type correspond au cas de la métapopulation du papillon de Californie *Euphydryas editha bayensis* dont une métapopulation a été suivie pendant 25 ans (Ehrlich & Murphy, 1987). Les diverses sous populations de ce papillon occupent des aires un peu éloignées les unes des autres ce qui permet aux papillons de passer d'un habitat à un autre. Les variations d'abondance sont différentes d'une population à une autre, certaines populations présentant des alternances d'extinction et de colonisation.

c) Le troisième type (figure 4.c) correspond à un ensemble de sous-populations en interaction les unes avec les autres qui colonisent des habitats éphémères et de petite taille. C'est le cas des insectes qui habitent les arbres morts et les cavités de ces arbres.

d) Le quatrième type correspond à l'absence de colonisation entre les diverses sous-populations (figure 4.d) et à une métapopulation en état de non équilibre. C'est le cas des peuplements de mammifères des sommets montagneux de désert de *Great Basin* dans l'ouest des Etats-Unis. Aucune communication entre ces différents sommets n'est plus possible de nos jours pour ces mammifères. Ce cas correspond aussi à celui de Coléoptères inféodés aux arbres morts, tels que l'Elatéride *Limoniscus violaceus*, qui sont devenus très rares et localisés dans quelques stations très isolées en raison de la destruction de leurs habitats.

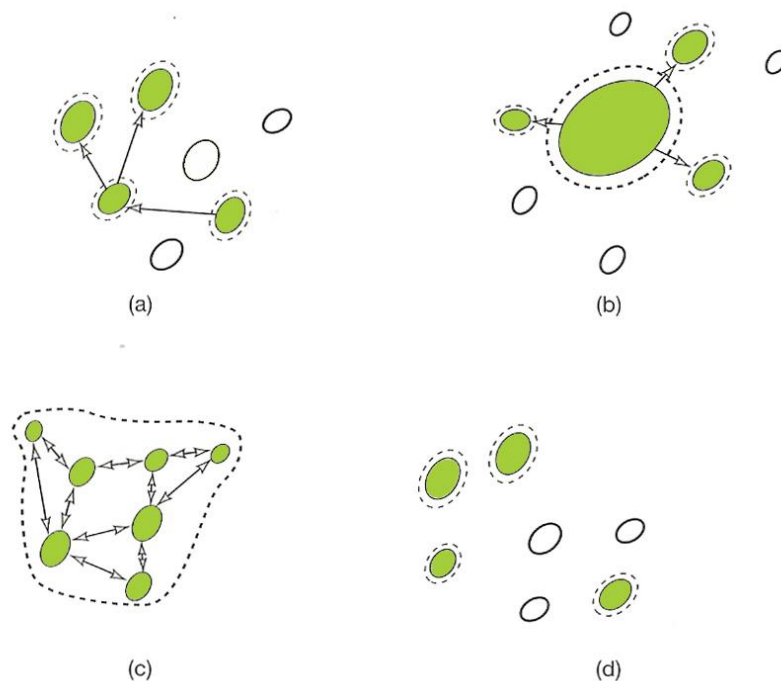


Fig. 4. Les différents types de métapopulations. Les cercles fermés représentent des patches d'habitats, remplis = occupés, vides = libres. Les lignes discontinues indiquent les limites des populations. Les flèches représentent les colonisations (migrations). a- métapopulation classique, b- core-satellite metapopulation (en anglais), c- patchy population (en anglais), d- nonequilibrium metapopulation (en anglais). Basée sur Harrison & Taylor (1997).

2.1.2. Le modèle de Levins :

Le premier essai de modélisation de la dynamique d'une métapopulation est dû à Levins. Ce modèle est fondé sur quatre hypothèses :

- a) Le nombre d'habitats pouvant être occupés est suffisamment élevé pour que des phénomènes aléatoires ne se produisent pas ;
- b) Les divers habitats sont à peu près identiques et équidistants ;
- c) La dynamique des populations est suffisamment élevée pour que chaque habitat se présente seulement sous deux aspects, vide ou complet ;
- d) Les processus en jeu sont l'extinction locale dans un habitat et la colonisation des habitats inoccupés. Dans un ensemble de milieux identiques occupés par une espèce, Levins suppose que le taux de colonisation m est proportionnel à la fonction p de milieux occupés qui fournissent les individus colonisateurs, et à $1-p$ qui est la fraction de milieux non occupés et cible des colonisateurs. Si l'on admet que toutes les sous-populations ont le même taux d'extinction e , on peut écrire :

$$dp / dt = mp (1-p) - ep \quad (1)$$

A l'équilibre, $dp / dt = 0$ et $p = 1 - e/m$. Cette équation montre que p est positif si $m > e$ et que p est nul si $m < e$. Bien que très simplifié ce modèle met en évidence un aspect important de la dynamique des métapopulations : celles-ci ne persistent que si le taux de colonisation est supérieur au taux d'extinction. Or beaucoup d'études ont montré que :

- a) le taux d'extinction diminue quand la surface du milieu occupé augmente ;
- b) le taux de colonisation diminue avec l'isolement croissant des populations.

La persistance d'une métapopulation dépend donc de la structure du milieu, et elle est supérieure à celle d'une population isolée. Le résultat des extinctions et des colonisations est un patron de distribution variable dans le temps et l'espace. Les sous-populations les plus petites et les plus isolées sont celles qui disparaissent les premières et qui se reconstituent le plus difficilement. De ce fait le nombre d'espèces présentes dans une région varie, certaines

apparaissent et d'autres disparaissent. Ce phénomène de renouvellement (ou turn-over) peut être plus ou moins rapide (tableau 2.1)

Tableau 2.1. Processus d'extinction et de colonisation dans le cas des Coléoptères Carabidés d'un polder des Pays-Bas quatre ans après la création de ce nouvel habitat (Meijer, 1974). Le taux de renouvellement est défini par la formule $(E+I) / (S1+S2)$. Il est élevé au début de la colonisation et il diminue lorsque le nombre d'espèces augmente.

	1969	1970	1971	1972
Nombre d'espèces présentes S	42	39	43	50
Gain annuel en espèces E	*	13	12	14
Perte annuelle en espèces I	*	16	8	7
Taux de renouvellement en %	*	36	24	22

Ces prévisions sont confirmées par quelques observations. Dans les rockpools qui se trouvent dans des îles de la mer Baltique, le nombre d'espèces de daphnies augmente avec le nombre de rockpools présent et la proportion de ceux qui sont occupés par chaque espèce diminue avec le nombre d'espèces. Il en est de même pour la grenouille *Rana lessonae*. Les facteurs limitant la répartition de cette espèce en Suède sont d'une part la distance à l'étang le plus proche, d'autre part la prédation par le brochet qui n'est plus compensée par un taux de colonisation suffisant dans les étangs trop éloignés d'une source. La distribution géographique de certaines espèces peut donc être limitée non par des facteurs climatiques mais par le grand isolement, la rareté ou la faible étendue des milieux favorables.

2.1.3. Succès de dispersion et seuils de connectivité du paysage :

La dispersion est la "glue" qui maintient les métapopulations liées les unes aux autres (Hansson, 1991), ce qui fait que la colonisation est cruciale pour la persistance de la métapopulation. Il devrait y avoir quelques relations entre la connectivité du paysage et le succès de la dispersion (colonisation) : ce succès est supposé être plus grand dans les paysages avec un grand degré de connectivité. Ce qui n'est pas vraiment clair, cependant, est si les seuils dans la connectivité du paysage devraient nécessairement coïncider avec les seuils dans la dispersion ou le succès de colonisation. Pour clarifier cela, With & King (1999a) ont quantifié le succès de dispersion sur une série de paysages avec des distributions d'habitat complexe (fractals) représentant un gradient de sévérité de fragmentation (Fig. 5.a).

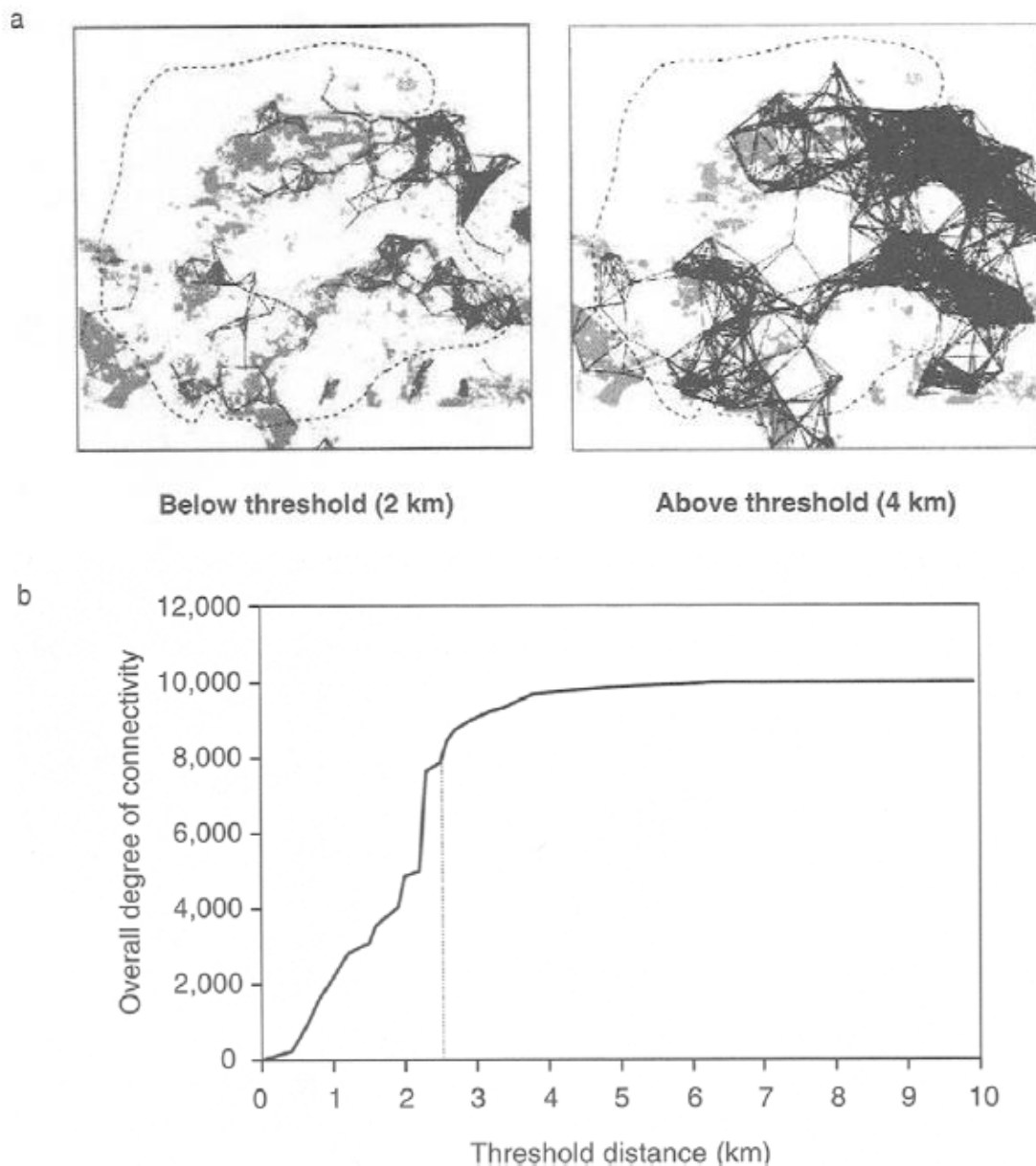


Fig. 5. Connectivité d'habitat de Sittelle torchepot (*Sitta europaea*). a.1). Analyse théorique de la connectivité d'habitat de Sittelle torchepot (*Sitta europaea*) dans un paysage agricole basé sur une analyse supposant une distance de dispersion de 2 km (juste sous le seuil de connectivité du paysage ; a 2) et une distance de dispersion de 4 km (au dessus du seuil de connectivité du paysage ; les surfaces grises représentent des fragments d'habitats). (b) La connectivité du paysage montre un seuil dans ce paysage à environ 2.5 km. Les patches loins de plus de 3 km étaient moins susceptibles d'être colonisés par les Sittelles (van Langevelde, 2000).

Le succès de dispersion a été défini comme la proportion d'individus en dispersion indépendants qui ont localisé avec succès un patch d'habitat convenable (une cellule). Si l'on considère que la dispersion est réellement aléatoire, de telle manière que la dispersion se produit dans un point aléatoire du paysage, donc le pattern spatial sous-jacent du paysage n'est pas important pour prédire le succès de dispersion et seulement la fraction d'habitat (h) et le nombre d'étapes de dispersion (m ; équivalent à « la dispersion du voisin » ou « la capacité de dispersion » affectent le succès de dispersion tel que :

$$\text{Pr(succès)} = 1 - (1 - h)^m \quad (2)$$

L'équation (1) représente l'approximation moyenne de terrain. Comme attendu, le succès de dispersion a décliné avec le décroissement d'habitat et l'accroissement de la fragmentation du paysage, mais le taux de ce déclin a accéléré une fois que le nombre d'habitat est tombé au dessous de 10-20% (Fig. 5.b). En d'autres termes, le succès de dispersion a montré un seuil de réponse au nombre d'habitat

2.1.4. L'importance relative de la dispersion pour la persistance de métapopulation

Les études traitant la question de comment la structure du paysage et l'hétérogénéité de matrices affectent la dispersion (colonisation) supposent que les mouvements de petite échelle des individus se traduisent en patterns généraux de distribution de la population (Turchin, 1991; With & Crist, 1996; With et al., 1997), ce qui à son tour peut avoir des conséquences pour la persistance de métapopulation sur le paysage.

Quelle est l'importance de la dispersion pour la prédiction de la persistance de la métapopulation ? La dispersion est la composante clé de la plupart des modèles de population spatialement explicite, qui servent comme l'arsenal principal dans l'approche écologique du paysage pour prédire la persistance de métapopulation dans des paysages fragmentés, particulièrement dans l'évaluation des conséquences des différents scénarios du changement de l'utilisation des terres sur le risque d'extinction des espèces d'un souci de conservation (Dunning et al., 1995).

C'est difficile d'obtenir des informations sur la dispersion spécifique à l'espèce ou à l'habitat, ce qui peut produire des erreurs dans l'estimation du succès de dispersion. De telles estimations d'erreurs peuvent se propager en modèles spatialement explicite et affectent les estimations du risque d'extinction des espèces (Ruckelshaus et al., 1997), bien que

l'importance de ces erreurs peut avoir été initialement surestimé (Mooij & DeAngelis, 1999). Cependant, la structure du paysage n'est pas toujours importante pour la prédiction du succès de dispersion. En utilisant un modèle de dispersion basé sur l'individu (*Individual-based model*) sur les modèles de paysages neutres, King & With (2002) ont trouvé que l'approximation moyenne de terrain a été suffisante pour prédire le succès de dispersion lorsque plus de 40% du paysage était convenables ; en dessous de ce niveau, les détails relatifs au comportement de dispersion et au pattern de paysage sont devenus plus importants. Etant donné que de nombreuses espèces d'un souci de conservation vivent dans des paysages avec moins de 40% d'habitats convenables, toutefois, c'est susceptible que la structure du paysage va généralement être importante pour la prédiction du succès de dispersion.

Bien que le succès de dispersion (colonisation) soit considéré comme un processus nécessaire pour la persistance de métapopulation, les facteurs démographiques qui affectent le risque d'extinction peuvent en fait être plus importants pour certaines espèces (South, 1999; With & King, 1999b). Ceci est particulièrement vrai pour des espèces ayant un grand potentiel de dispersion, telles que les oiseaux, où la structure de paysage a un plus grand effet sur la résultante de reproduction à travers des effets de bordure que sur les taux d'immigration (exp., Donovan et al., 1995b; Dooley & Bowers, 1998).

2.2. Biologie de la conservation :

Tout au long de l'histoire de la terre, des espèces sont apparues et d'autres ont disparu. En d'autres termes, une espèce naît, vit et meurt. L'extinction est un processus naturel de l'évolution (Wilson, 1989). On estime ainsi, sur la base des données paléontologiques, que 99.9% des espèces qui ont existé sur terre ont disparu. Les taux d'extinction, avant la propagation de l'homme sur toute la planète, étaient invariablement faibles, et que les extinctions de masse étaient des événements relativement rares (Pimm et al. 1995).

Certains n'hésitent pas à affirmer que nous sommes entrés dans une sixième période d'extinction de masse, dont l'homme, avec sa démographie galopante et ses activités planétaires, serait le responsable.

Néanmoins, si l'homme a une responsabilité évidente dans l'érosion actuelle de la biodiversité, tous les groupes ne sont pas concernés de la même manière.

On sait aujourd'hui qu'une espèce d'amphibien sur trois, plus d'un oiseau sur huit, plus d'un mammifère sur cinq et plus d'une espèce de conifère sur quatre sont menacés d'extinction mondiale (UICN, 2010).

A la fin des années 1970, une nouvelle discipline apparaît avec pour objectif d'associer l'expérience pratique et les approches théoriques : la « biologie de la conservation » (Primack, 1993). *La biologie de la conservation est une « discipline de crise » dont l'objectif est de trouver des principes et des outils pour préserver la biodiversité. Quoique dévolue aux situations d'urgence, elle a toujours eu une vision à long terme : la viabilité et la persistance d'écosystèmes en état de marche* (Soulé, 1985).

Le champ biologique étant devenu consubstantiel du champ sociétal dans la construction du concept de biodiversité, le glissement sémantique observé à la suite de Rio donna progressivement consistance à la notion de développement durable qui fut proposée pour la première fois en 1980 dans la Stratégie mondiale de la conservation, publiée par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), le Fonds mondial pour la nature (WWF) et le programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). Ce concept de développement durable sera ensuite développé et popularisé par le rapport *Notre avenir à tous* (rapport Brunt-land) publié en 1987 par la Commission des Nations unies sur l'environnement et le développement. La notion de développement durable est inséparable de celle de naturalité dans une optique de gestion valorisante et participative de la diversité biologique. Dans la perspective des changements qui se profilent, il est certainement beaucoup plus important de sauvegarder la capacité des organismes à répondre à ces changements, donc à privilégier leur diversité génétique que de maximiser le nombre d'espèces à protéger.

La conservation de la biodiversité est possible à différents niveaux, depuis celui des écosystèmes jusqu'à celui des gènes, les espèces se situant à mi-chemin entre ces deux extrêmes (Soulé, 1991). Si la conservation axée sur les espèces ne peut et ne doit venir remplacer les efforts déployés aux autres niveaux, elle se trouve souvent être l'option la plus directement disponible pour préserver la diversité biologique (Baillie et al., 2004).

Malheureusement, l'allocation de ressources financières pour la conservation des espèces et des populations menacées est restée en deçà des sommes qui auraient été nécessaires (Myers et *al.*, 2000, Balbontin, 2005). En d'autres termes, nous sommes limités à la fois par notre budget – et donc par les mesures de conservation à même d'être mises en œuvre - et par le temps, parce que le rythme des destructions est plus rapide que jamais. Il est ainsi devenu nécessaire de disposer d'une solide capacité de jugement scientifique qui permette de déterminer les actions de conservation à mener en priorité. De nombreux travaux à long terme ont montré qu'une compréhension fine de l'écologie et de la dynamique des populations des espèces était ici indispensable (Perrins et *al.*, 1991, Williams et *al.*, 2002). Ainsi, pour pouvoir orienter concrètement la gestion et la préservation des espèces menacées, faudrait-il être capable d'appréhender les facteurs qui contribuent aux variations spatio-temporelles des populations (Perrins et *al.*, 1991, Hanski, 2001, Oro, 2003). Il deviendrait de cette manière possible d'identifier les facteurs favorisant la survie et la reproduction d'une espèce donnée (Balbontin, 2005), ce qui permettrait de protéger l'intégrité et la continuité des processus naturels (Soulé, 1985) ainsi que la viabilité des populations (Beier, 1993, Beissinger & Westphal 1998).

2.3. Hotspots et régions sauvages :

2.3.1. Hotspots de biodiversité :

La vie sur terre est confrontée à une crise de dimensions historiques et planétaires. La consommation non durable des ressources naturelles et une pauvreté dévastatrice dans les tropiques sont en train de détruire la nature sauvage. La question de l'endigement de la crise de l'extinction qui en découle peut être posée en ces termes: dans quelles zones un dollar donné contribuerait-il le mieux à diminuer le taux actuel d'extinction ? Pour répondre à cette question, il nous faut comprendre à la fois où se trouvent les espèces et à quel point elles sont réellement menacées (Mittermeier et *al.*, 2007). L'écologiste britannique Norman Myers a défini le concept de *hotspots* de la biodiversité en 1988 pour répondre à ces besoins, en désignant comme prioritaires une poignée de régions du globe caractérisées simultanément par leur nombre exceptionnel d'espèces endémiques (celles que l'on ne trouve nulle part ailleurs) et une menace exceptionnelle.

Pour être qualifiée de *hotspots*, une écorégion (ou un groupe d'écorégions adjacentes et similaires) doit remplir deux critères stricts : elle doit contenir au moins 1 500 espèces de plantes vasculaires endémiques (soit au moins 0,5% du total mondial) et avoir perdu au moins 70% de son habitat originel (Myers et *al.*, 2000). L'étude la plus récente, publiée en 2004 par Russell A. Mittermeier et ses collègues, identifiait 34 hotspots (figure 2.3). Ceux-ci couvraient autrefois 23490101 km² (16% de la surface terrestre), mais leur habitat restant couvre seulement 3 379 246 km² (2,3 % de la surface terrestre soit environ la taille de l'Inde) (Mittermeier et *al.*, 2007). Plus de 50 % des espèces de plantes dans le monde et 42% de toutes les espèces vertébrées terrestres sont endémiques dans les 34 hotspots de la biodiversité. La plupart de ceux-ci se trouvent dans la forêt tropicale (22), le reste dans la forêt tempérée (6), les écosystèmes méditerranéens (5) et le désert (1). Les hotspots sont également remarquables par leur degré d'endémisme des niveaux taxinomiques les plus hauts : celui de Madagascar et des îles de l'océan Indien contient, de façon stupéfiante, pas moins de 25 plantes endémiques et familles de vertébrés, et 478 genres endémiques (Myers et *al.*, 2000).

L'identification des hotspots est essentielle pour le ciblage de ressources en faveur de la conservation des ressources mondialement flexibles, mais ne renseigne pas directement sur la protection sur le terrain (Mittermeier et *al.*, 2007). Pour cela, il faut une identification subséquente des objectifs de protection de l'environnement. En basant ceux-ci sur la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN, on obtient une échelle mondialement cohérente. Sans surprise, les hotspots contiennent un très grand nombre d'espèces menacées : 56 % des espèces mammifères «en voie de disparition » et « en danger critique d'extinction» y sont endémiques, tout comme 78% des espèces d'oiseaux et pas moins de 85% des espèces d'amphibiens (Myers et *al.*, 2000). La plupart de ces espèces sont principalement menacées par la destruction de leurs habitats, et donc la principale action de protection doit être de sauvegarder ces sites. Ces derniers sont nommés «zones clé de biodiversité » (*key biodiversity areas*) ; leur identification est en cours à travers le monde. Le sous-ensemble de ces sites le plus prioritaire a déjà été identifié par *Alliance for Zero Extinction* : ils doivent comporter au moins un site abritant des espèces endémiques « en voie de disparition » ou « en danger critique d'extinction ». Près de 80% de ces sites se trouvent dans les hotspots.

Finalement, l'établissement des zones protégées pour préserver ces sites est une base essentielle pour la protection des hotspots, mais ce n'est pas l'étape finale. Dans bien des cas, la protection des processus écologiques à plus large échelle, à travers l'établissement de couloirs de protection de la biodiversité, sera essentielle pour la persistance des espèces

menacées et des zones clé de biodiversité. Dans d'autres cas, des actions de protection spécifiques d'espèces seront également nécessaires à l'intérieur des zones protégées pour offrir une protection aux espèces subissant des menaces particulières (comme la chasse au gibier, les prédateurs envahissants, etc.) que leur simple présence dans la zone protégée n'est pas suffisante à dissuader.

2.3.2. Zones sauvages de haute biodiversité (high-biodiversity wilderness areas) :

Les zones sauvages de haute biodiversité sont à l'extrême opposés de l'ensemble des hotspots de la biodiversité. Alors que ces derniers sont surtout constitués d'écosystèmes lourdement exploités, souvent très fragmentés et d'étendue très réduite, les zones sauvages de haute biodiversité sont encore largement intactes et présentent une faible densité de population humaine (au plus 5 personnes par km²). Selon une importante étude réalisée par Russell A. Mittermeier et ses collègues, publiée en 2002, une écorégion (ou un groupe d'écorégions adjacentes et similaires) doit, pour être qualifiée de zone sauvage de haute biodiversité, contenir au moins 1500 espèces de plantes vasculaires endémiques (soit au moins 0,5% du total mondial), et avoir maintenu 70 % ou plus de son habitat originel.

Les zones sauvages de haute biodiversité sont d'importants réservoirs de biodiversité, comptent des bassins hydrographiques majeurs et jouent un rôle vital dans la stabilité du climat. Ce sont aussi souvent les derniers endroits où les populations indigènes ont un espoir de conserver leur style de vie. Ensemble, les cinq zones sauvages de haute biodiversité (déserts nord-américains, Amazonie, bassin du Congo, régions boisées de Miombo-Mopane et Nouvelle-Guinée) couvrent 11 410 565 km² (6 % de la surface terrestre) (cf. figure 1), contiennent 17% des plantes de la planète et 8% des vertébrés terrestres endémiques. Comparés aux hotspots, ces endroits présentent également un fort taux de biodiversité mais sont relativement plus intacts (ce qui ne signifie en aucun cas non menacés). Ils offrent en conséquence d'excellentes opportunités pour un investissement proactif dans la protection de l'environnement. Les zones sauvages de haute biodiversité sont donc des régions où la protection de l'environnement devrait être reconnue prioritaire, en tandem et de façon complémentaire avec la préservation des hotspots. Si nous n'y investissons pas à bon escient maintenant, elles deviendront les hotspots de demain, comme cela est déjà en train de se produire, par exemple, dans la partie sud-est de l'Amazonie brésilienne.

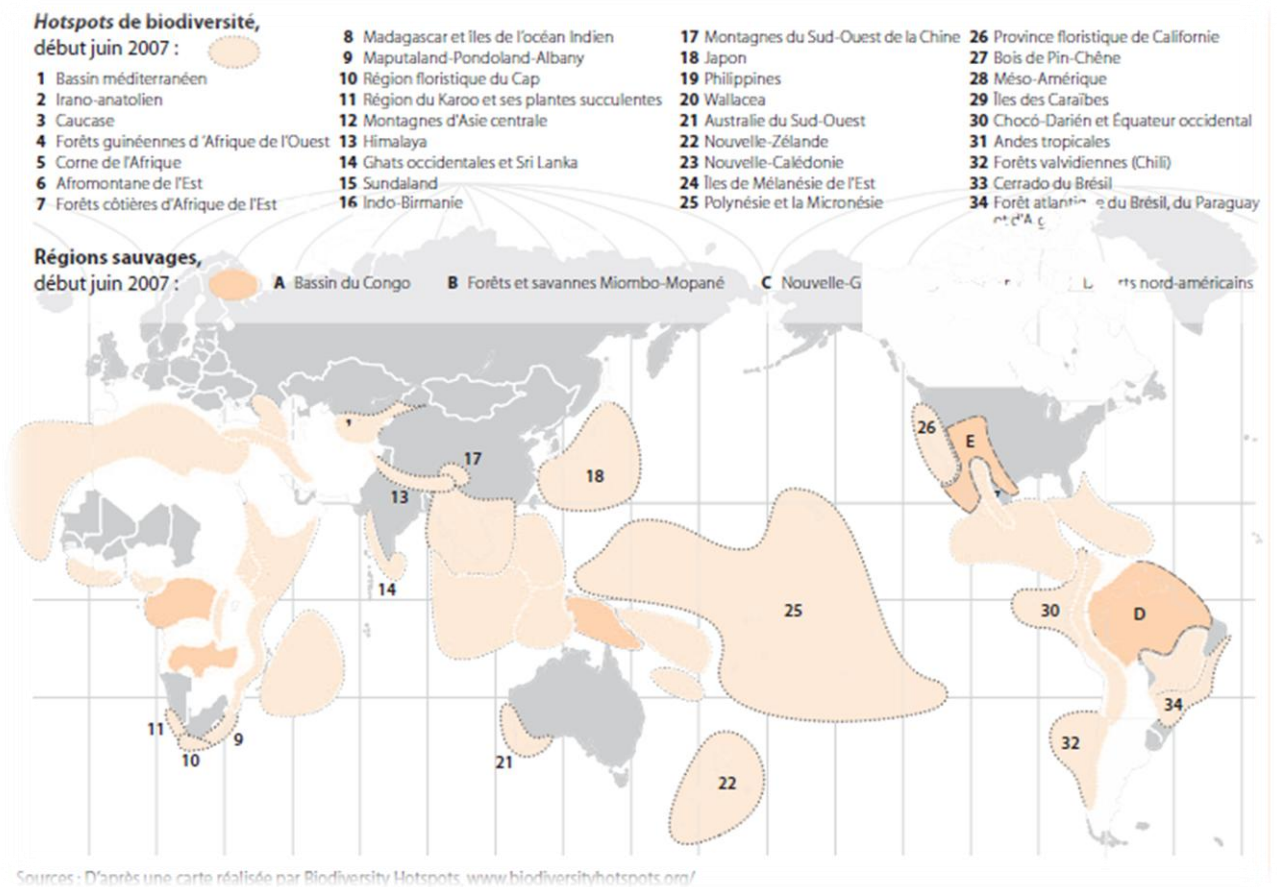


Fig. 6. Hotspots de biodiversité et régions sauvages. D'après une carte réalisée par Biodiversity Hotspots, [2].

Chapitre 3

Cartographie,

SIG

et représentation des données de reprises de bagues

3.1. La carte comme instrument de communication :

3.1.1. Message à transmettre :

L'information géographique procède de tous les phénomènes auxquels on peut attacher une localisation. Domaine infini que l'on pourrait étendre selon sa spécialité de la molécule jusqu'à la galaxie...

La cartographie limitera son champ d'exploration aux aspects naturel et anthropique de notre environnement, ce sont les données géo-spatiales au sens large du terme. Puis elle s'appliquera à concentrer sélectivement l'attention sur une partie de ces phénomènes afin de communiquer une certaine expression du Monde.

3.1.2. Démarche à effectuer :

Certains phénomènes géographiques sont régis par des lois générales qui permettent de les décrire entièrement à l'aide de quelques paramètres mathématiques simples (Exemple : Un flux de véhicules entre deux villes). D'autres phénomènes n'obéissent dans leur intégralité à aucune loi connue, ils sont dits aléatoires et leur connaissance sera du ressort de l'information, c'est-à-dire d'une description qui tendra à être aussi fidèle et complète que possible. L'information géographique entre dans cette seconde catégorie, l'acquisition et la transmission de ces phénomènes peuvent s'inscrire comme le montre la figure (3.1).

Le monde réel n'a d'existence que pour autant que l'observateur soit capable de l'appréhender par ses sens et son intellect pour formuler une représentation des phénomènes, c'est-à-dire définir au niveau qualitatif, quantitatif et temporel un état observable. Cet observateur, généralement un spécialiste, mettra en œuvre des techniques de saisie (systèmes de codage) adaptées à la nature des phénomènes, qui lui permettront d'acquérir l'information et de la fixer sur un support (papier, magnétique, photosensible, CD...) (Weger, 1999).

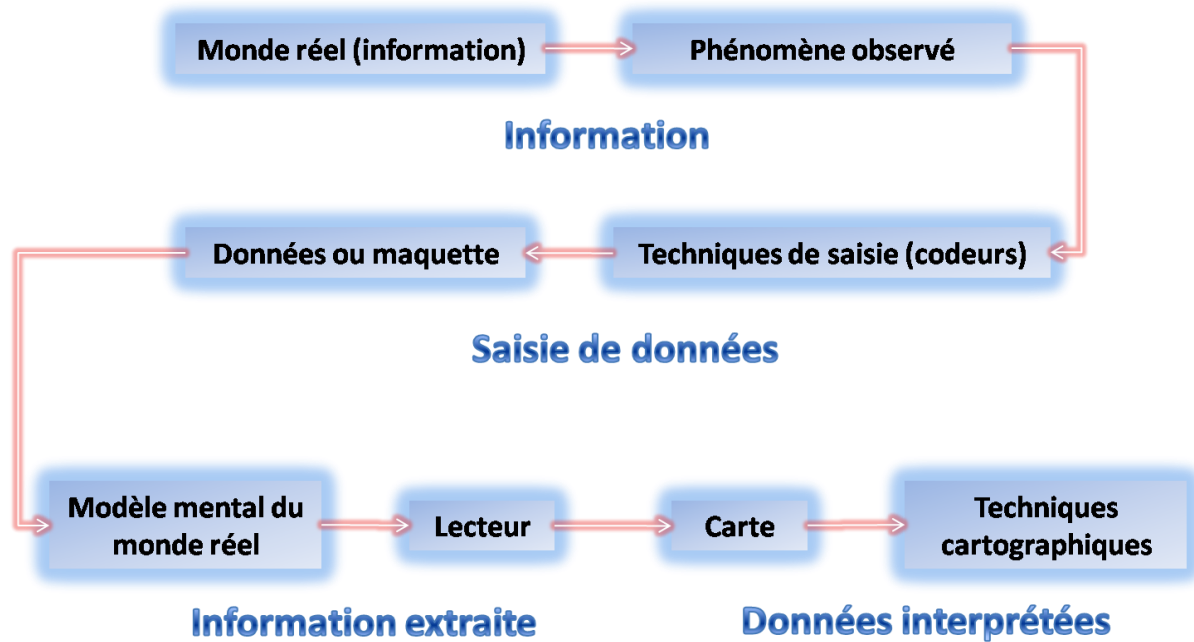


Fig. 7. Schéma montrant l'analyse et l'interprétation de l'information géographique (Weger, 1999).

Selon le système de codage choisi et son niveau de discrimination, les données brutes seront directement exploitables par le cartographe ou bien devront faire l'objet d'une interprétation préalable par le spécialiste qui pourra alors établir des maquettes (Weger, 1999). L'information géographique sous forme de données brutes ou de maquettes est transmise au cartographe qui va l'interpréter grâce aux techniques cartographiques et élaborer une transcription graphique accessible à l'utilisateur (on dirait maintenant une « modélisation cartographique ») en n'imposant à ce dernier qu'un petit nombre de règles préalables (la légende) (Weger, 1999).

3.1.3. Langage des cartes :

Puisque la carte utilise une symbolique conventionnelle, pour transmettre un message, on peut la considérer comme un langage (Weger, 1999). Mais alors, pourquoi avoir créé un autre système de communication différent de l'écriture ou des mathématiques ?

En fait, ces deux modes de communication sont des systèmes linéaires qui ne délivrent leur message qu'au terme du développement (c'est à dire lorsque le lecteur a achevé le décryptage) et ne permettent pas non plus la superposition (Weger, 1999). Au contraire, le langage graphique est un système spatial qui possède en propre certaines particularités :

3.1.3.1. Un message aisément structuré :

Grâce aux capacités particulières de notre perception visuelle. En effet, le décryptage s'effectue par une série de brèves fixations visuelles qui balayent l'ensemble de l'image (Dobson, 1977), cette faculté permet une double perception du message graphique :

- La vision globale de l'image :

Du balayage initial, l'œil ne retiendra que les éléments graphiques les plus visibles (taille, contrastes). Une première partie du message est ainsi délivrée d'emblée au lecteur. Dans le langage courant nous dirions « ce qui saute aux yeux » (Weger, 1999).

- La vision fine :

Lors des balayages suivants l'attention se fixera sur les détails moins évidents. Cette exploration attentive de la carte permet d'extraire les informations complémentaires (Weger, 1999).

- Les plans de lecture :

Ces modes de vision permettent au cartographe d'organiser les informations en plans de lecture successifs (Fig. 8) (Weger, 1999). Par exemples : La ville de Toulouse (1er plan) est située au bord de la Garonne (2ème plan), elle est desservie par des routes (3ème plan) (Weger, 1999).

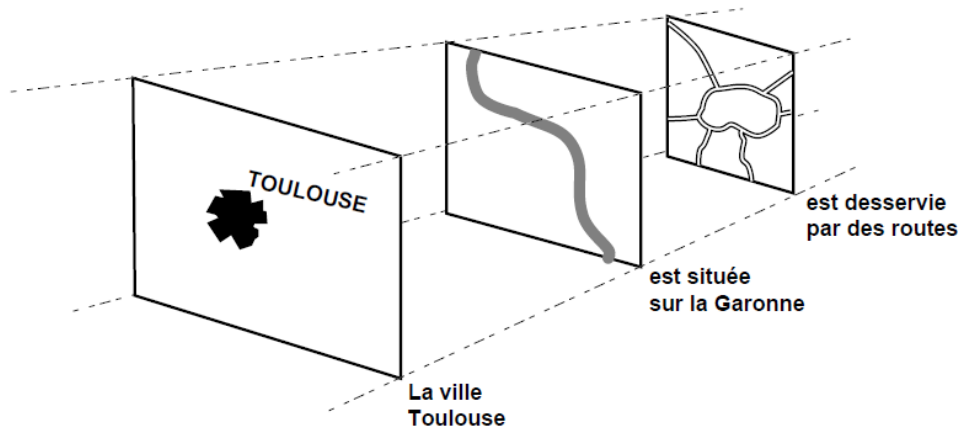


Fig. 8. Les plans de lecture (Weger, 1999).

3.2. Evolution du terme « Cartographie » :

Le concept d'information géographique et les classifications qui s'y rattachent sont d'origine récente. Pendant des siècles les termes, géographie, cartographie, topographie, ont été plus ou moins confondus. Ptolémée définissait la géographie comme « la représentation graphique de la totalité des parties connues de la Terre avec tout ce qui y figure » (Weger, 1999).

L'École Militaire en 1938 considérait que la topographie « *est la science qui a pour objet l'établissement et l'emploi des cartes* » (Weger, 1999).

L'ONU en 1949 donnait de la cartographie la définition suivante « *c'est la science qui traite de l'établissement des cartes de toutes sortes. Elle englobe toutes les phases de travaux, depuis les premiers levés jusqu'à l'impression finale des cartes* » (Weger, 1999).

Cette confusion est surtout due aux méthodes artisanales qui ont longtemps prévalu dans l'établissement de la carte. Chaque spécialiste quel que soit son domaine de compétence propre interférait tout au long du processus d'élaboration du produit, jouant tour à tour et selon les nécessités le rôle de géographe, géodésien, topographe ou cartographe (Weger, 1999).

Il a fallu attendre les progrès technologiques de ce dernier quart de siècle pour séparer les tâches, assigner définitivement à chacun sa place et clarifier du même coup les concepts (Weger, 1999). Depuis 1966 on se réfère à la définition que l'ACI (Association Cartographique Internationale) donne de la cartographie « *Ensemble des études et des*

opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration de cartes et autres modes d'expression, ainsi que de leur utilisation» (Weger, 1999).

3.3. Concepts du SIG :

Un système d'information géographique (SIG) est un système d'information permettant d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes (Longeley et *al.*, 2005).

Pour utiliser efficacement le SIG, c'est important de comprendre la terminologie et la fonctionnalité basique du SIG. Tandis que chaque logiciel SIG possède des noms de conventions légèrement différents, on trouve certains principes communs pour tous les systèmes. Dans cette partie, je vais brièvement donner les bases du SIG mais pour plus d'informations, Longeley et *al.* (2005) et Burrough & McDonnell (1998) sont fortement recommandés.

3.3.1. Principes généraux du SIG :

Les données dans la base de données SIG fournissent une représentation digitale et simplifiée des caractéristiques d'une région donnée. Les données géoréférencées peuvent être organisées dans le SIG en utilisant des critères différents, par exemple, comme des couches thématiques ou des objets spatiaux. Chaque couche thématique peut être enregistrée en utilisant un modèle de données approprié dépendant de la source de données et leur utilisation potentielle (Fig. 9).

3.3.1.1. Modèles géospatiaux de données :

Les données géoréférencées incluent une composante spatiale décrivant l'emplacement ou la distribution spatiale d'un phénomène géographique et une composante "attribut" utilisée pour décrire ces propriétés (Longeley et *al.*, 2005). La composante spatiale peut être

représentée en utilisant l'une des deux approches basiques (Longeley et *al.*, 2005):

- Une représentation sur terrain, où chaque point distribué régulièrement ou un élément d'une aire (pixel) dans l'espace a une valeur attribuée (un nombre ou aucune donnée), conduit au modèle de donnée raster.
- Une représentation géométrique des objets, où des caractéristiques géographiques sont définis comme des lignes, points et des aires donnés par leurs coordonnées, conduisant au modèle de donnée vectorielle.

Dépendant sur l'échelle, la représentation d'un caractère géographique peut changer; par exemple, une rivière peut être représentée comme une ligne à une petite échelle ou comme un terrain continu 3D (plan d'eau) à une grande échelle (Longeley et *al.*, 2005). Pareil, une ville peut être représentée comme un point ou une aire. Notant bien que, par exemple, 1:1 million est une petite échelle et 1:1000 est une grande échelle (Longeley et *al.*, 2005).

Pour utiliser efficacement le SIG, c'est utile de comprendre les propriétés basiques et les applications de chaque modèle de données (dans la littérature ancienne du SIG, les modèles de données *rasters* et *vecteurs* ont souvent fait référence aux formats de données rasters et vectorielles (Longeley et *al.*, 2005).

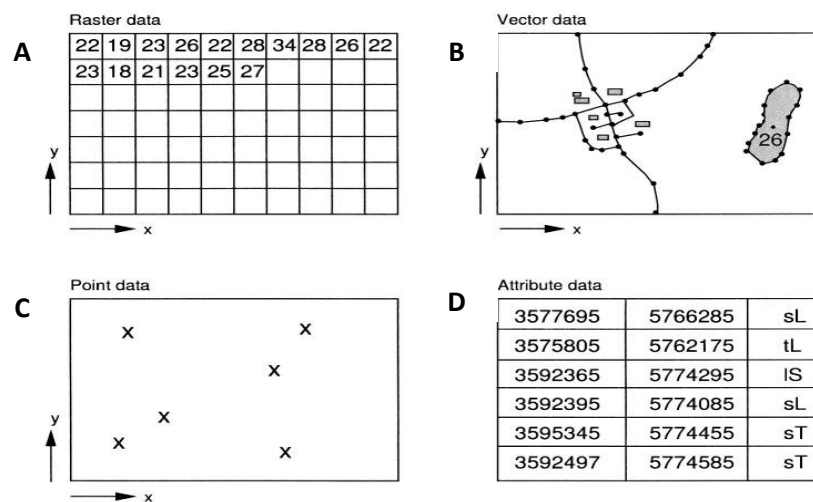


Fig. 9. Modèles de données dans le SIG: raster, vecteur, point de données et attributs:

A) Données raster: les valeurs des lignes et des colonnes représentent un phénomène spatial. B) Données vectorielles: représentation par des lignes et des aires. C) Données ponctuelles: les valeurs sont attribuées aux points individuels qui sont souvent distribués irrégulièrement. D) Attributs: Des données descriptives enregistrées dans une table de base de données.

3.3.1.1.1. Données raster :

Dans une représentation raster, l'espace est divisée en une gamme de cellules rectangulaires (généralement carrées) (Fig. 10). Toute variation géographique est alors exprimée en attribuant des propriétés ou des attributs à ces cellules. Les cellules sont généralement appelées pixels (Longeley et *al.*, 2005).

L'une des formes les plus communes des données raster sont celles obtenues par la télédétection par satellites, qui capture des informations sous cette forme et l'envoi vers la terre pour être distribuées et analysées (Longeley et *al.*, 2005). Des données du *Landsat Thematic Mapper*, par exemple, lesquelles sont communément utilisées dans des applications SIG, viennent sur terre sous formes de cellules qui font 30 m de côté, ou approximativement 0.1 hectare de surface. D'autres données similaires peuvent être obtenues par des *capteurs montés (sensor mounted)* sur avion (Longeley et *al.*, 2005).

L'imagerie varie selon la résolution spatiale (exprimé comme la longueur du côté de la cellule comme mesuré sur terre), et aussi selon l'horaire de la capture d'image par le détecteur (Longeley et *al.*, 2005). Certains satellites sont dans une orbite géostationnaire sur un point fixé sur la terre, et capturent les images constamment. D'autres passent sur un point fixé à des intervalles réguliers (chaque 12 jour) (Longeley et *al.*, 2005). Finalement, les détecteurs varient selon la partie ou les parties du spectre qui les détectent. Les parties visibles du spectre sont généralement importantes pour la télédétection, mais certaines parties invisibles du spectre sont particulièrement utiles dans la détection de chaleur, et le phénomène qui produisent la chaleur, telles que les activités volcaniques (Longeley et *al.*, 2005).

Plusieurs détecteurs capturent des images dans plusieurs régions du spectre, ou bandes, simultanément, parce que les quantités relatives de radiation dans les différentes

parties du spectre sont souvent des indicateurs utiles de certains phénomènes, telles que les feuilles vertes, ou l'eau, sur la surface de la terre. L'AVIRIS (*Airborne Visible InfraRed Imaging Spectrometer*) ne capture pas moins de 224 parties différentes du spectre, et elle est entrain d'être utilisée pour détecter des minéraux particuliers dans le sol, parmi d'autres applications (Longeley et *al.*, 2005). La télédétection est un sujet complexe, et des explications approfondies ont été jugées pas vraiment essentielles dans le cadre de cette étude.

Des cellules carrés s'assemblent bien sur une table plate ou une feuille, mais ils ne le font pas nettement sur la surface courbée de la terre. Alors comme les représentations sur papier nécessitent que la terre soit aplatie, ou projetée, comme font les rasters (à cause des distorsions associées à l'aplatissement, les cellules dans un raster ne peuvent jamais être parfaitement égales dans la forme ou en surface sur la surface de la terre) (Longeley et *al.*, 2005).

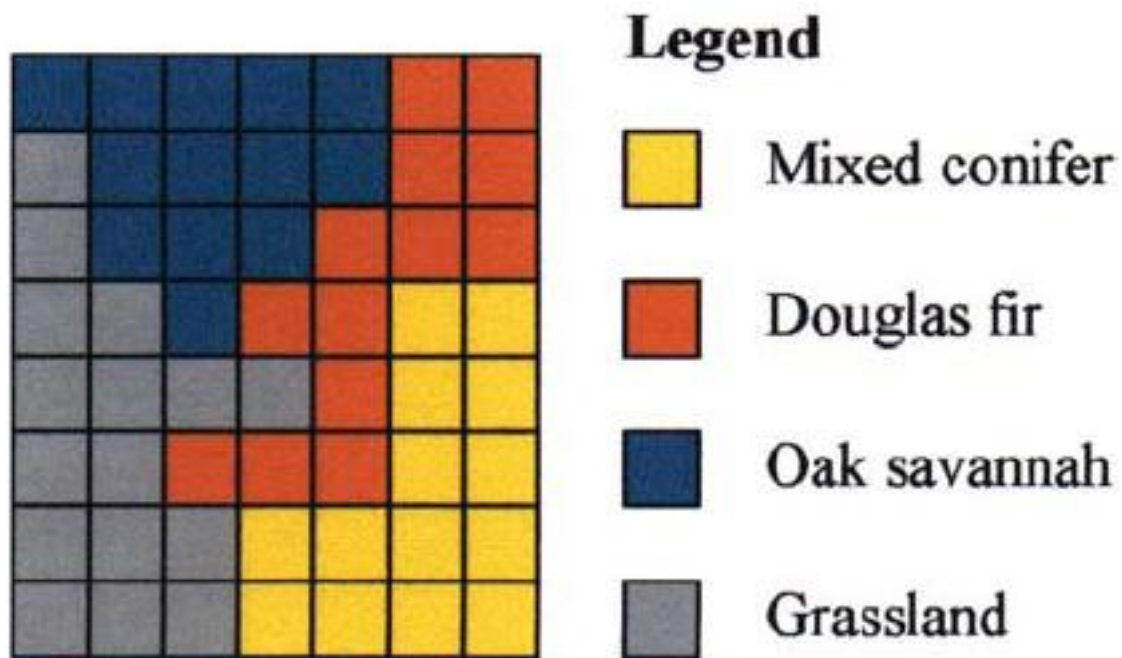


Fig. 10. Représentation raster. Chaque couleur représente une valeur différente d'une variable nominale relative aux classes de couverture de terrain, (Longeley et *al.*, 2005).

3.3.1.1.2. Données vectorielles :

Dans une représentation vectorielle, toutes les lignes sont capturées comme des points connectés précisément par des lignes droites (Quelques logiciels SIG permettent aux points d'être connectés par des courbes plutôt que par des lignes droites, mais dans la plupart des cas des courbes doivent être approximées en augmentant la densité des points). Une aire est capturée comme une série de points ou *vertice* connectés par des lignes droites comme le montre la figure 11. Les bords droits entre les vertices expliquent pourquoi des aires dans les représentations vectorielles sont souvent appelées polygones, et dans la langue du SIG les termes polygone et surface sont souvent utilisés de manière interchangeable. Les lignes sont capturées de la même façon, le terme polyligne a été proposé pour décrire une ligne courbé représentée par une série de segments droits connectant des vertices (Longeley et *al.*, 2005).

Pour capturer la surface d'un objet dans une forme vectorielle, nous avons seulement besoin de spécifier les localités des points qui forment les vertices d'un polygone. Ceci paraît simple et aussi tellement plus efficace qu'une représentation raster, qui nous obligeait de lister toutes les cellules qui forment une aire. Ces idées sont capturées succinctement dans le commentaire "Raster est plus vaste, et le vecteur est plus correcteur" (Longeley et *al.*, 2005). Pour créer une approximation précise à une aire dans le raster, il aurait été nécessaire de recourir à l'usage de cellules très petites, et le nombre de cellules aurait augmenté proportionnellement (en effet, chaque division de la largeur ou de la longueur de chaque cellule par deux aurait mené dans le quadruplement du nombre de cellules) (Longeley et *al.*, 2005).

Mais les choses ne sont pas tout à fait aussi simples que cela ne puisse paraître. La précision apparente du vecteur est souvent irraisonnable, depuis que plusieurs phénomènes géographiques ne peuvent simplement pas être localisés avec une grande précision. Alors bien que les données raster puissent paraître peu attractives, elles peuvent être plus fiables quant à la qualité propre des données (Longeley et *al.*, 2005).

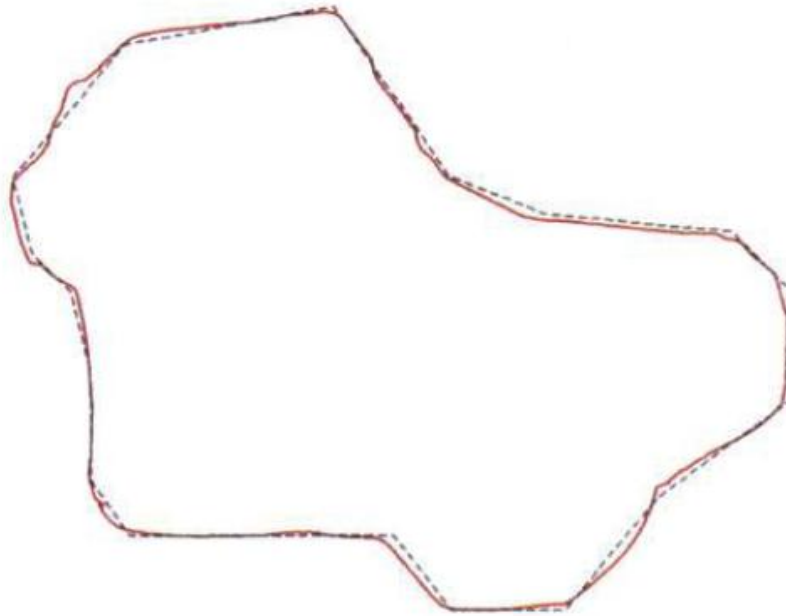


Fig. 11. Une aire (ligne rouge) et son approximation par un polygone (ligne bleue) (Longeley et *al.*, 2005).

En plus, plusieurs méthodes relatives aux données raster pour la compression des facteurs qui peuvent réduire considérablement la capacité nécessaire pour enregistrer une série de données. Alors le choix entre raster et vecteur est souvent complexe Tableau 3.1 (Longeley et *al.*, 2005).

Tableau .3.1. Avantages relatives des représentations Rasters et vectorielles.

	Raster	Vecteur
Volume de données	Dépend de la taille de la cellule	Dépend de la densité de vertices
Sources de données	Imagerie par télédétection	Sociale et données environnementales
Applications	Ressources, Environnementales	Sociales, économiques, administratives
Logiciel	Raster SIG, procédure d'image	Vecteur SIG, cartographie automatique
Résolution	Fixée	Variable

3.3.1.1.3. Modèle de données ponctuelles :

Le modèle de données ponctuelles est un cas spécial de modèle de donnée vectoriel. C'est une série de points indépendants donnés par leurs coordonnées représentant des caractéristiques ponctuelles (par exemple une ville ou une mosquée) ou des échantillons de terrains continus (par exemple élévation, précision), souvent distribués irrégulièrement (Longeley et *al.*, 2005). Une valeur ou une série d'attributs (numérique ou textuelle) est attribuée à chaque point. Les données ponctuelles sont souvent représentées dans un modèle de donnée spécial (Longeley et *al.*, 2005).

3.3.1.1.4. Attributs (SIG et base de données) :

Les attributs sont des données descriptives fournissant des informations associées à des données géométriques. Les attributs sont généralement gérés dans des systèmes de gestion de bases de données internes et externes (DBMS : GIS database management systems) (Longeley et *al.*, 2005). Les bases de données utilisent les coordonnées correspondantes ou des nombres d'identification pour lier l'attribut aux données géométriques. D'autres systèmes tels que PostGIS2 permettent aussi d'enregistrer les données géométriques dans la base de données (Longeley et *al.*, 2005).

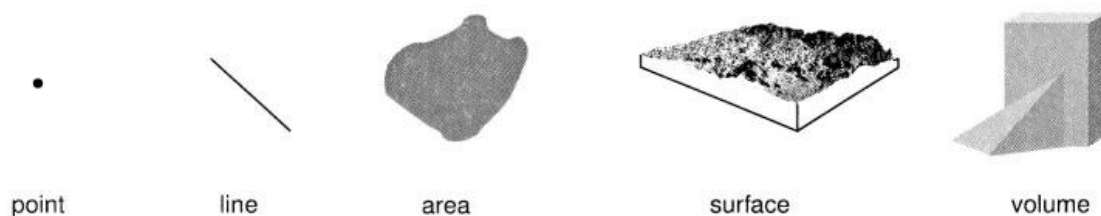


Fig. 12. Les dimensions des données dans un système géographique d'information (Rase, 1998)

(A)



(B)

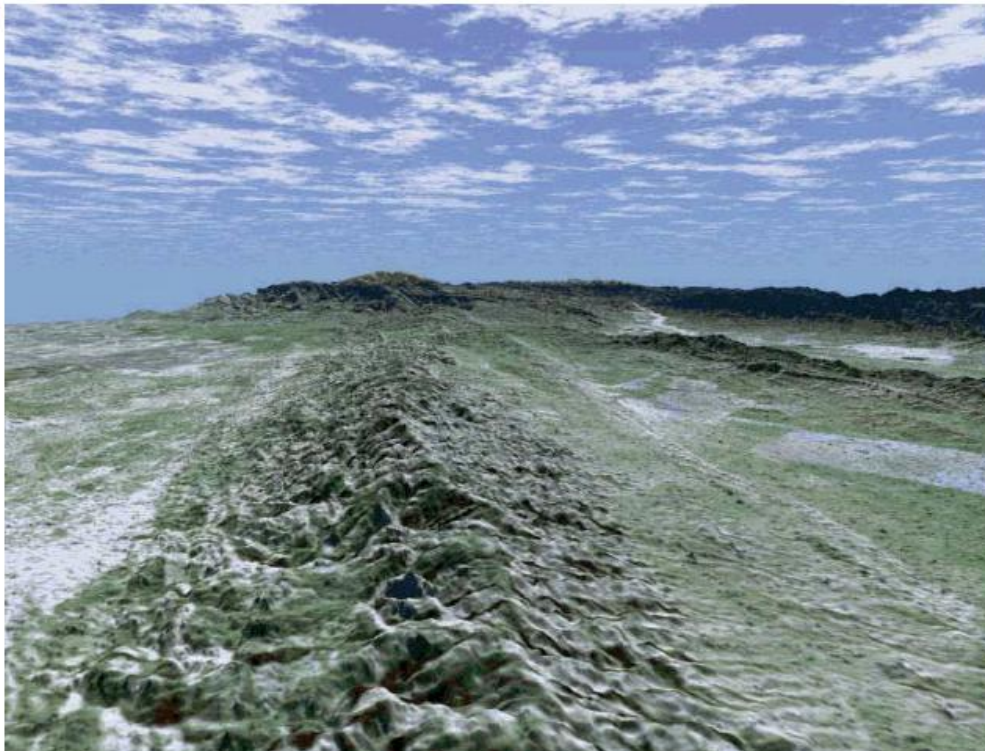


Fig. 13. Exemples de phénomènes de terrain. A) Image d'une partie de la mer morte dans le moyen orient. L'éclaircissement de l'image à n'importe qu'elle point mesure la quantité de radiation par le système d'image satellite. B) Une image simulée dérivée du *Shuttle Radar Topography Mission*, une nouvelle source de données d'élévation de haute qualité (Longeley et al., 2005).

Tableau 3.2. Ellipsoïdes standards utilisées par différents pays.

Nom d'ellipsoïde	Région d'utilisation
Airy 1858	Grande Bretagne
Airy modified	Irlande
Australian National	Australie
Bessel 1841	Autriche, Chili, Croatie, République tchèque, Allemagne, Grèce, Indonésie, Pays-Bas, Slovaquie, Suède, Suisse
Bessel modified	Norvège
Clarke 1880	Afrique, France
Clarke 1866	Amérique du Nord, Philippines
Everest 1830	Afghanistan, Myanmar, Inde, Pakistan, Thaïlande et d'autres pays d'Asie du Sud,
GRS 1980	Amérique du Nord, terre entière
Hayford (International) 1909	Belgique, Finlande, Italie, tous les pays utilisant le système ED50
New International 1967	Plusieurs autres régions
Krassovsky 1938	Albanie, Pologne, Roumanie, Russie et les pays proches
WGS 1984	Amérique du Nord, terre entière
WGS 1972	Satellite NASA

3.4. Représentation des données de reprises de bagues :

3.4.1. Bague et historique :

Le baguage scientifique des oiseaux avait comme but d'essayer de comprendre les mouvements des oiseaux sauvages et il continue toujours de fournir des informations cruciales sur la migration, la dispersion et sur leur changement et leur évolution en relation avec les conditions environnementales (Clark et *al.*, 2009).

Le premier baguage a débuté en 1899 en Danemark par Hans Christian. Il a bagué 165 étourneaux (*Sternus vulgaris*) en attribuant un code spécifique pour chaque individu (Newton 2008). Ceci a permis de trouver quel individu et où et quand il a été observé. Depuis, des programmes de baguage à travers l'Europe ont été établis les années qui ont suivi et les données sur le mouvement des oiseaux se sont accumulées. Thienemann a débuté le baguage scientifique à Vogelmonte Rassitier (aujourd'hui Rybachy) au Baltique Est en 1903 et il a publié des données sur le mouvement de 35 cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) (Thienemann, 1910). Neuf ans après, von Lucanus a publié un article résumant la migration et les mouvements des oiseaux en Europe en utilisant des reprises (*recoveries*) des oiseaux bagués,

bien qu'il n'ait pas inclus des cartes. Il a continué en 1922 avec un livre (le mystère de la migration des oiseaux) dont le quel il a aussi utilisé des reprises récoltés en Europe pour 17 espèces et il a inclus 4 cartes prestants les principales voies de migration (von Lucanus, 1922). Le premier Atlas de migration "*Atlas des Vogelzugs*" (Schüz & Weigold, 1931) est constitué de 150 pages de 262 cartes couvrant un grand nombre d'espèce et utilisant des données récoltées sur toute l'Europe. Près des deux tiers des pages des cartes sont consacrés aux non passereaux. Plusieurs Atlas et articles décrivant les mouvements des oiseaux se sont suivis bien que la plupart sont des Atlas nationaux. Ils ont été publiés ces dernières années depuis l'apparition des outils statistiques et cartographiques capable de métriser une grande quantité de données. Les méthodes pour représenter et interpréter les reprises continues toujours de se développer (Clark et *al.*, 2009)..

3.4.2. Récapitulatif des données des reprises :

3.4.2.1. Présentation des données spatiales en utilisant des lignes, des points et des graines:

Peut être la façon la plus simple de représenter les données du mouvement est de dessiner des lignes sur une carte en connectant les sites de baguage aux sites d'observation de l'oiseau (fig 3.1.a) (Clark et *al.*, 2009).. Ceci donne une bonne impression des mouvements des oiseaux mais son inconvénient est qu'elle suggère que l'individu s'est déplacé d'une manière linéaire ce qui n'est pas vraiment le cas. En plus, cette représentation n'est pas vraiment conseillée lorsqu'il y a beaucoup de lignes superposées (fig3.1.b) (Clark et *al.*, 2009)..



Fig. 14. Cartes représentant les mouvements du Fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*). Elles sont élaborées à partir de reprises qui sont représentés par des lignes liant les sites de baguage aux sites d'observations. (a) Les mouvements du Fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*) entre le

nord-ouest de la grande Bretagne et d'Irlande et d'autres pays (58 enregistrements). (b) Les mouvements du Fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*) entre le nord-ouest de la grande Bretagne et d'Irlande et d'autres pays (433 reprises) (Clark et *al.*, 2009).

Pour éviter ce problème, des points peuvent être utilisés au lieu de lignes (fig 3.2.a) (Clark et *al.*, 2009). Les points sont généralement utilisés pour les reprises en relation avec une aire géographique, exemple: un pays ou une station de baguage, et montre les localités de ces oiseaux loin de cette aire. Bien que la carte (en arrière plan) reste visible, l'utilisation des points ne donne pas la même impression que celle donnée par les lignes (Clark et *al.*, 2009).. Une combinaison de points et de lignes est particulièrement utile si les lignes ne cachent ni les détails de la carte ni les positions des points (Clark et *al.*, 2009)..

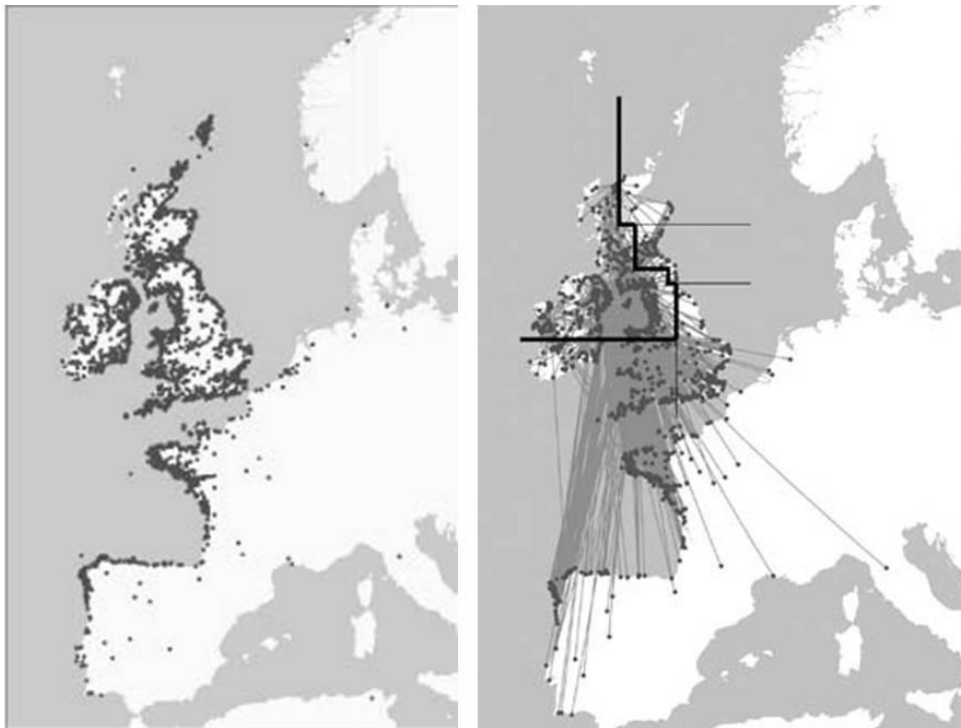


Fig. 15. Cartes représentant les mouvements du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*). Elles sont élaborées à partir de reprises d'oiseaux bagués à des colonies côtières représentées par des points seuls et une combinaison de points et de lignes. (a) Les localités en dehors des saisons de reproduction d'oiseaux immatures qui ont été présents en Grande Bretagne et en Irlande durant la saison de reproduction (5601 reprises). (b) Les localités en dehors des saisons de reproduction, et les mouvements supérieurs à 20 km entre la saison de reproduction et la saison d'hivernage, des grands cormorans présents au Nord-ouest de la Grande Bretagne et d'Irlande durant la saison de reproduction (Clark et *al.*, 2009).

L'utilisation des graines (kernels) pour décrire la répartition des reprises est une méthode qui aide à comprendre et résumer les aspects quantitatifs des données (Clark et *al.*,

2009). Les densités pour le modèle spatial des reprises peuvent être estimées et représentées par des ombres pour représenter la variation spatiale des densités de reprise (Clark et *al.*, 2009).. Les graines peuvent être réalisées grâce au package *ks* lié au programme statistique *R*, et des densités lissées pour la répartition spatiale des reprises peuvent être estimée et ombragés pour montrer comment les densités des reprises varient spatialement (Fig 3.3) (Clark et *al.*, 2009).. Ceci donne une meilleure compréhension de la distribution d'une espèce ou d'une population mais aussi l'indication des sites clés (Clark et *al.*, 2009).

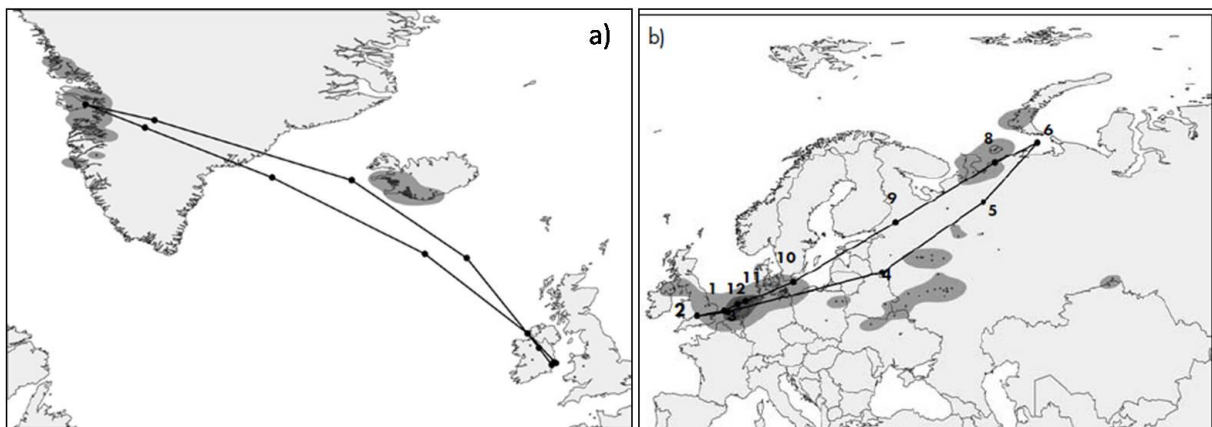


Fig. 16. Cartes montrant les reprises entre la grande Bretagne et l'Irlande des Oie rieuse (*Anser albifrons*) allant en (a) Groenland et (b) Russie. Les petits points sont les reprises réels, Les grands points reliés par des lignes indiquent la position moyenne par mois et que les grains renferment 50% (ombre claire) et 95% (ombre dense) des lieux de reprise (Atkinson et *al.*, 2007).

3.4.2.2. Présentation des données saisonnières :

Des lignes, points, graines ou des cartes de combinaison de toutes les reprises pour une espèce d'une région donnée fournissent des informations spatiales mais pas temporelles (Clark et *al.*, 2009). Une série de cartes peut représenter les mouvements des individus à différents temps de l'année, mais l'interprétation sera d'autant plus simple si les informations temporelles peuvent être représentées sur une seule carte (Clark et *al.*, 2009). Ceci peut être réalisé en calculant les positions moyennes des oiseaux d'une aire géographique à différents temps de l'année (Clark et *al.*, 2009).

3.4.2.3. Description et la distinction des directions de mouvement :

La direction des mouvements des oiseaux d'une région donnée est souvent, plus ou moins, commune aux individus sur une grande aire géographique et ainsi fournit des mesures

simple et résumées du comportement des populations ; ceci peut mieux décrire le mouvement de population que de délimiter une région d'intérêt (Clark *et al.*, 2009). De plus, les parcours migratoires peuvent consister de plusieurs voies qui sont mieux décrites par la direction de chaque voie. Les données directionnelles peuvent être décrites en utilisant un schéma en boussole illustrant les directions principales des trajets (Fig. 17) (Clark *et al.*, 2009).

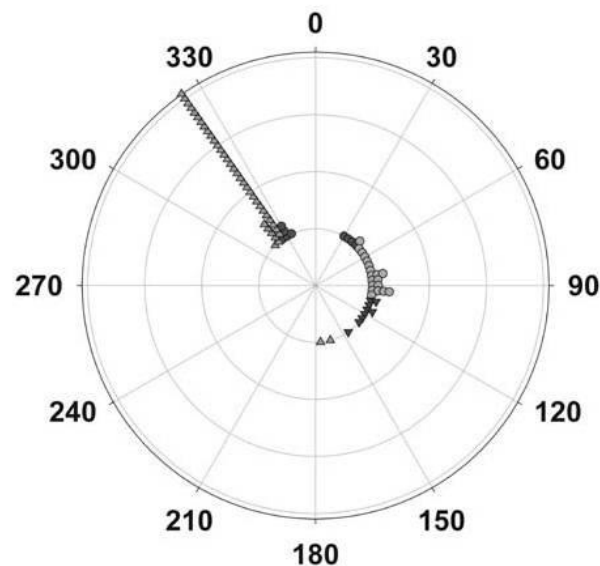


Fig. 17. Rose des vents montrant le mouvement des Oie rieuse (*Anser albifrons*) à partir et vers la Bretagne et l'Irlande. Les reprises sont groupées par direction de dispersion. Deux directions majeures peuvent être observées : l'une (cercles) entre 60° et 90° représentant des oiseaux migrant aux sites de reproductions de la Sibérie et une autre (triangles) à environ 330 degrés du à des oiseaux se déplaçant vers l'Islande et par la suite aux zones de reproduction en Groenland. Chaque symbole représente cinq reprises (Atkinson *et al.*, 2007).

Les différences entre les groupes d'oiseaux (exp : sexes ou classe d'âge) peuvent être testées en utilisant des statistiques circulaires (Fisher, 1996). Là où on trouve une distribution de reprises on peut les grouper par direction de trajet en croisant la distance de chaque reprise en groupements distincts (Atkinson *et al.*, 2007, Fig. 18). Des groupes différents des reprises définies par les points en rotation peuvent alors être considérés séparément et les positions moyennes calculées (Clark *et al.*, 2009).

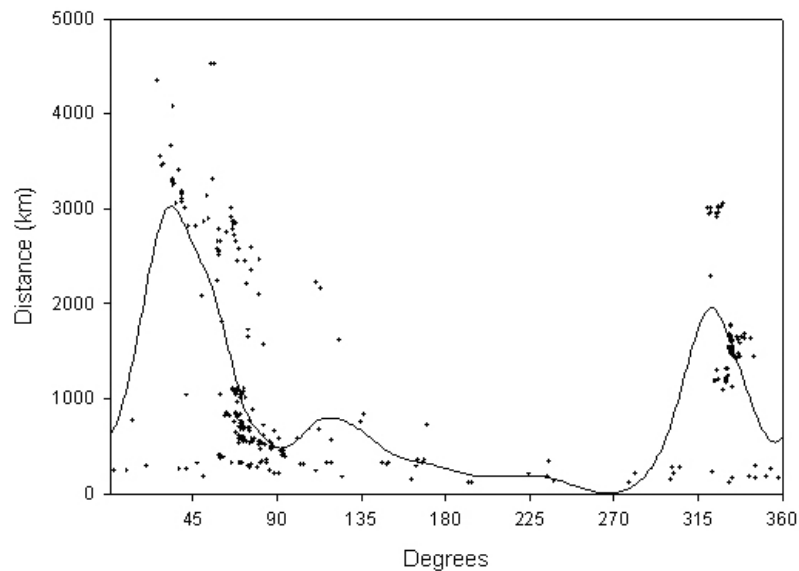


Fig. 18. Distance et la direction pour les reprises de bagues d'oies rieuse pour les oiseaux soit bagués ou trouvés en Grande-Bretagne et l'Irlande. Chaque point représente un rapport d'un oiseau. Une ligne lissée est ajustée aux données et les points de retournement et différents groupes de reprises sont indiqués en haut du graphique (Clark et *al.*, 2009).

3.4.2.4. Utilisation des données de reprise pour décrire la migration :

Les reprises ont fourni autant d'informations sur la migration des oiseaux. En déduisant le comportement de population à partir des données de baguage, plusieurs suppositions doivent être établies. Peut-être la plus importante est que les oiseaux bagués ne se comportent pas différemment des oiseaux non bagués. On suppose aussi que les oiseaux bagués et enregistrés constituent un échantillon représentatif d'une population (Clark et *al.*, 2009). Les suppositions qui concernent la probabilité des changements des taux de reprise sur l'espace et le temps, et des différences entre l'âge et les classes d'âge, sont plus difficile à évaluer, comme des différences claires ont été démontrées (Perdeck, 1977). Par exemple, le nombre de reprises d'espèces chassées va varier durant une année (saisons ouvertes et fermées) et entre les années (si les régulations de la chasse changent) (Clark et *al.*, 2009). Le nombre de reprises varie aussi en fonction du comportement des chercheurs (par exemple en augmentant le nombre d'observateurs). La méthode de reprise peut aussi affecter le modèle de distribution (Clark et *al.*, 2009). Perdeck (1977) a trouvé que, si les aires de reproductions du canard colvert (*Anas platyrhynchos*) et de la sarcelle d'hiver (*Anas crecca*) bagués entre Septembre et Novembre en Pays-bas ont été décrites en utilisant les oiseaux notés comme chassés ou morts en Mai et Juin, les oiseaux chassés ont été trouvés plus à l'est que les

oiseaux qui ont été trouvés morts (Clark *et al.*, 2009). Il peut aussi y avoir des différences entre des groupes d'âge différents et entre les sexes: par exemple parmi les Fou de Bassan (*Morus bassanus*) bagués en Angleterre et en Irlande, les juvéniles ont plus tendance à hiverner au sud que les adultes (Wernham *et al.*, 2002).

La chance qu'un oiseau bagué soit observé est un produit de la chance qu'un individu soit trouvé (le taux de rencontre) et sa chance d'être enregistrée (bague lus) dans la base de données (taux de reprise) (Clark *et al.*, 2009). C'est clair que ces taux vont varier spatialement (avec moins d'oiseaux étant reportés depuis les régions les moins visitées ou habitées par les humains) et par les circonstances de recherche (les oiseaux tués sur les routes ou apportés par les chats aux maisons sont plus susceptibles d'être trouvés que ceux morts dans des forêts) (Clark *et al.*, 2009).

Alors bien qu'on a des informations sur la direction de quelques oiseaux, on ne sait pas si le manque de reprises de cette espèce dans une autre région est dû au fait que les oiseaux ne se trouvent pas là-bas ou que les oiseaux bagués n'ont pas été trouvés ou bien, ils ont été trouvés mais pas enregistrés (Clark *et al.*, 2009). Les taux de reprises varient aussi temporellement, à cause des changements aussi bien dans les modèles de baguage que dans les taux de reprise, qui sont actuellement en baisse, probablement comme un résultat du peu de lecteur de bague (Robinson *et al.*, 2009).

Les taux de reprise varient aussi sur une échelle plus petite lorsque certaines activités, telle que la chasse, sont limitées à certaines périodes de l'année (Clark *et al.*, 2009). Bien que ces mises en garde doivent être prises en considération lorsqu'on utilise des reprises pour décrire la migration, il convient de rappeler que beaucoup a été appris par les rapports d'oiseaux bagués et qu'une amélioration de nos connaissances sur les mouvements des oiseaux dépend du nombre de reprises reçues, des outils d'analyse développés et de la combinaison des données d'observations avec d'autres techniques (Baillie *et al.*, 2009, Coiffait *et al.*, 2009, Fiedler, 2009).

3.4.2.5. Comprendre quelles sont les données manquantes :

Les méthodes d'illustration et d'analyse des mouvements qui ont été décrites utilisent surtout les reprises des oiseaux bagués (Clark *et al.*, 2009). Ils donnent des informations sur la localité où l'oiseau bagué a été trouvé et enregistré, mais ne donnent aucune idée sur l'endroit

où les oiseaux bagués se trouvent, ceux qui ont été trouvés mais pas enregistrés, ou littéralement pas trouvés; donc, ces méthodes fournissent rarement des estimations quantitatives justes des oiseaux en migration (Clark et *al.*, 2009). Le défi pour le futur est de quantifier les biais relatifs aux données de baguage, par exemple le plus grand biais spatial dans la probabilité d'observation (de reprise) entre des régions géographiques. Pour estimer les probabilités de reprise, soit des données supplémentaires doivent être utilisées, ou certaines hypothèses explicites doivent être établies concernant la façon dont les données ont été générées (Clark et *al.*, 2009). Les données supplémentaires peuvent faire l'objet d'autres études pour des comparaisons, ou des informations préalables sur les facteurs influençant la probabilité de reprise telle que la densité de population humaines (Clark et *al.*, 2009). Des hypothèses explicites peuvent inclure que les reprises en question sont une estimation des localités possibles où ils peuvent provenir, ou que des populations similaires, des espèces, ou des classes d'âges ont la même chance d'être enregistrées (Clark et *al.*, 2009).

La façon dont les reprises sont interprétées est souvent basée sur des comparaisons avec d'autres espèces ou des classes d'âge (Clark et *al.*, 2009). Par exemple, on aurait déduit de façon intuitive que les migrateurs transsahariens hivernent en fait dans l'Afrique subsaharienne, malgré le nombre très limité d'observation enregistré ; en Europe durant l'automne, il y a plusieurs reprise de Fauvette des jardins (*Sylvia borin*) mais très peu en hiver; donc, ces oiseaux ont sûrement du aller en Afrique (Clark et *al.*, 2009). La Figure 3.6.a montre les reprises de la Fauvette des jardins baguée en Danemark et enregistrée en automne et en hiver (Clark et *al.*, 2009).

Parmi les 107 reprises, seules quatre ont été trouvées en hiver et seulement deux de ces oiseaux ont été enregistrés en Afrique, avec une reprise en automne en Afrique du Nord (Clark et *al.*, 2009). En plus, la figure 3.6.b montre qu'une petite proportion de Fauvette des jardins baguée est enregistrée en hiver comparée à celle du Rouge-gorge familier (*Erithacus rubecula*), encore indique que les Fauvettes des jardins ne sont pas susceptibles d'être en Europe en hiver (Clark et *al.*, 2009). Thorup & Conn (2009) ont estimé que 96% des Fauvettes des jardins originaires du Danemark ont hiverné au Sud de l'Afrique du Nord, mais aucun Rouge-gorge originaire du Danemark n'a hiverné aussi loin au sud. De même, ils ont estimé que 64% des Fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) du Danemark et 100% des Rossignols prognés (*Luscinia luscinia*) hivernent au Sud d'Afrique du Nord (Fig 3.6.b).

Un récent travail (Korner-Nievergelt *et al*, 2010) a identifié quatre méthodes qui, avec l'utilisation de données supplémentaires, peuvent fournir des estimations quantitatives des biais spatio-temporelles dans les probabilités de reprise qui sont nécessaires pour améliorer nos connaissances de la migration des oiseaux basées sur les données de baguage :

- Des comparaisons simples avec d'autres méthodes où de petits biais spatio-temporelles peuvent être supposés. La variation de la probabilité de reprise peut être évaluée en combinant des données extensives des reprises avec ceux d'un petit nombre d'individus, en utilisant de nouvelles techniques telle que la télémétrie par satellite, de telle façon qu'une évaluation peut être réalisée concernant les localités où les reprises pourraient être faites mais n'ont simplement pas été communiquées.
- Modéliser les processus sous-jacents de la création des reprises, en utilisant des informations externes. Par exemple, on pense que les facteurs socio-économiques, les habitats et les densités de population humaines sont des facteurs importants dans la création de probabilités de reprises hétérogènes, qui peuvent après être corrigés afin de contrôler l'influence de ces facteurs.
- L'estimation de la distribution des points de reprises possibles. Toutes les observations éventuelles des oiseaux peuvent être générées, en fonction de la distribution spatiale des reprises réelles de la population étudiée, et raffinées avec d'autres données, par exemple la distribution des observateurs. Celles-ci peuvent alors être comparées à la distribution observée des reprises.
- L'utilisation des comparaisons entre différents groupes où certaines suppositions peuvent être faites sur la probabilité de reprise égale pour faire des estimations quantitatives. Les groupes pourraient être des espèces différentes, populations, classes d'âge ou cohortes mais, pour être utiles à l'estimation, il doit y avoir des différences dans les modèles de reprise entre les groupes. Ce type d'analyse nécessite un nombre connu d'oiseaux bagués. Dans le cas de petits oiseaux insectivores, cette technique a été utilisée pour obtenir des estimations des taux de migration (et associée d'intervalles de confiance) à certaines régions même lorsqu'il n'y a aucune reprise (Thorup & Conn, 2009).

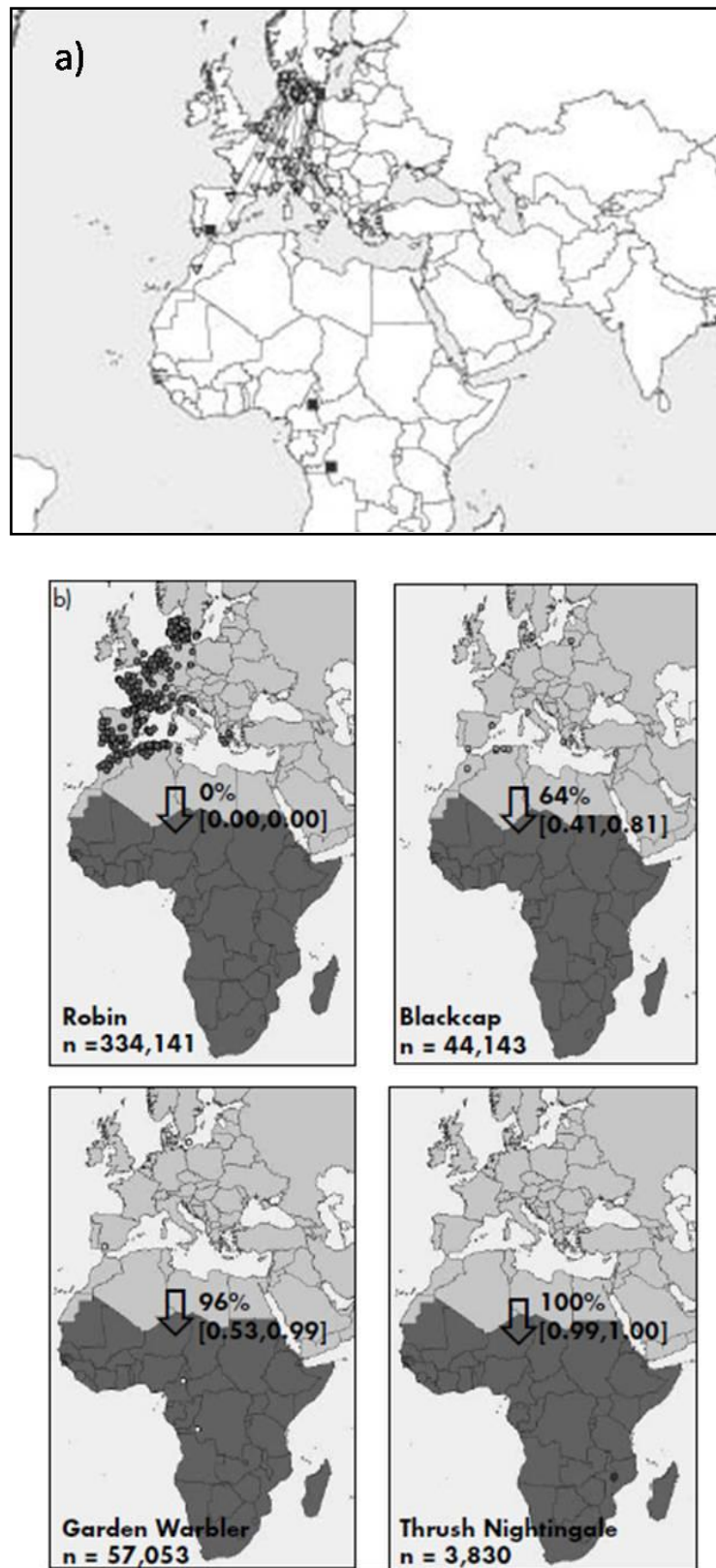


Fig. 19. La distribution spatiale des reprises de petits passereaux bagués au Danemark. (a) Les Fauvettes des jardins enregistrées à l'automne et en hiver et (b) quatre passereaux récupérés en hiver (Décembre-Février) seulement les oiseaux trouvés morts sont inclus. En (b) les pourcentages estimés d'individus d'une espèce qui hivernent au sud de l'Afrique du Nord (et les

intervalles de confiance) sur la base de modèles capture-marquage-recapture sont présentés. D'après Thorup & Conn (2009).

3.4.3. Valeur pratique des données de reprise :

La compréhension des modèles de mouvement et les destinations des populations d'oiseaux sauvages sont cruciales pour la conservation et l'établissement des lois sous-jacentes à l'égard de questions importantes ou stratégiques comme la création des aires protégées, le développement des lois d'exploitation des terres pour bénéficier les oiseaux et les risques de propagation des maladies des oiseaux sauvages d'un endroit à un autre (Clark et al., 2009). Une réponse cohérente basée sur l'évidence à une telle issue nécessite une synthèse de données pour permettre la compréhension des modèles généraux des mouvements dans l'espace et le temps (Clark et al., 2009).

3.4.3.1. Voies de migration internationale et le risque de propagation de maladie :

Les Atlas qui ont été publiés sur les trajets migratoires des Anatidés et des limicoles ont présenté des informations sur les sites clés, obtenues grâce aux choix des meilleures données de recensements disponibles sur les trajets migratoires (Clark et al., 2009). Jusqu'à maintenant, ces informations ont généralement été dérivées d'une manière qualitative, et pour plusieurs espèces (de canard en particulier) les données de Isakov (1970) ont été utilisées, où des évaluations préliminaires ont été copiées répétitivement par d'autres auteurs par la suite (voir Stroud, 2005).

Cependant, là où les analyses contemporaines des résultats de baguage ont été évaluées sur la base des voies de migration, les résultats ont suggéré que quelques canards montrent beaucoup moins de différenciation de population et des patterns de mouvement plus complexes que ceux décrits par leurs populations géographiques traditionnellement acceptées (Comme il a été présenté par Scott & Rose 1996). Par exemple, Guillemain *et al.* (2005) ont montré que les Sarcelles d'hiver baguées en Camargue ont été trouvées à travers les voies de migration méditerranéennes (comme il a été définis par Scott & Rose 1996) comme prévu, mais aussi à travers les voies de migration d'Europe du Nord-est, où il avait été supposé qu'ils ne s'y trouvaient pas (Fig. 20).

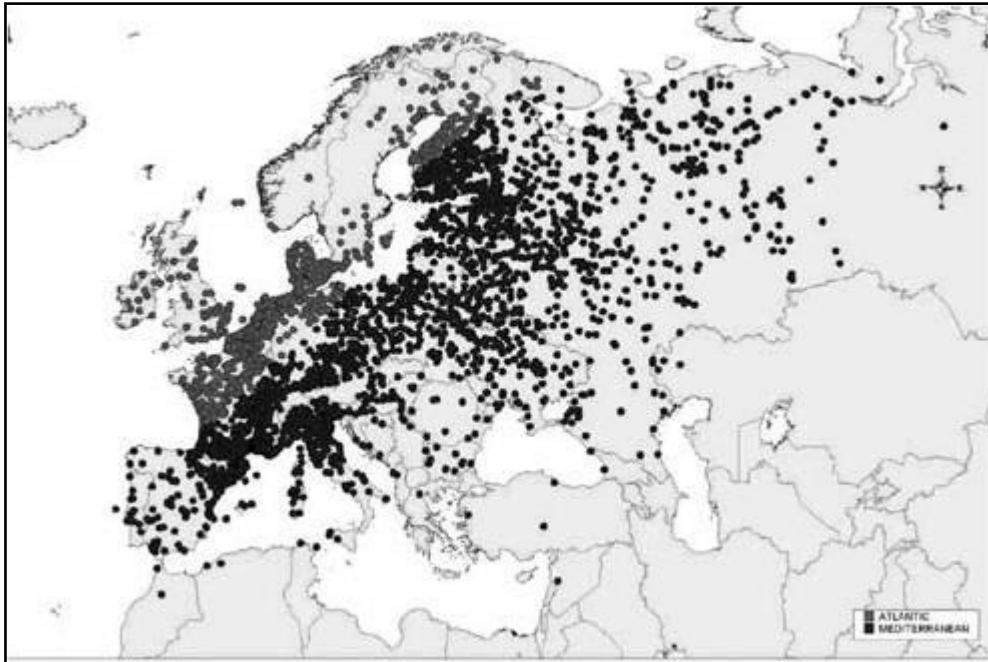


Fig. 20. L'analyse des reprises des sarcelles d'hiver (*Anas crecca*) baguées en Camargue (France) montrant une petite différenciation dans les populations nord-ouest européennes (points gris) et Méditerranéennes (points noirs), postulées pour cette espèce. Point gris = Atlantique, point noir = Méditerranéen (Scott & Rose, 1996).

Les conventions d'oiseaux d'eau d'Afrique et d'Eurasie ont mis en avant le besoin urgent d'intégration des données de recensement avec les données de reprises des bagues dans la prochaine génération des atlas de voies de migration (Clark *et al.*, 2009). Une richesse de données existe dans les banques de données de baguage, jusque là l'échelle des moyennes des taches que les atlas de migration, mis à jour, ont presque exclusivement été à l'échelle nationale (en terme d'origine/destination des oiseaux bagués) (Clark *et al.*, 2009). Intégrer ces données à l'échelle continentale est un grand défi en termes de ressources nécessaires pour un tel projet et de manipulation des tailles élevées de données qui existent actuellement (Clark *et al.*, 2009).

Les oiseaux d'eaux comme un groupe ont été associés avec la propagation de la grippe aviaire (HPAI) hautement pathogène (Clark *et al.*, 2009). Une synthèse récente et innovatrice des données de reprises au Nord-ouest d'Europe a été le développement des outils de cartographie de migration [3] pour la raison spécifique de fournir des résultats aux évaluations de risques pour la propagation de HPAI H5N1 d'origine Asiatique (Atkinson *et al.*, 2007).

Ce programme d'ordinateur génère, pour des espèces spécifiques dans des régions définies, des centres de gravité locaux mensuels et d'autres informations tabléées et

cartographiées, montrant des sources anticipées d'oiseaux utilisant un site donné et leur prochaine destination probable. Bien qu'il reste des méconnaissances majeures concernant l'épidémiologie de HPAI H5N1 des oiseaux sauvages (Artois et *al.*, 2009, Hesterberg et *al.*, 2009), l'outil a été un moyen efficace permettant une synthèse rapide 'en temps réel' des données de baguage pour informer les décideurs au sein du gouvernement sur les scénarios possibles de mouvements des oiseaux sauvages lorsqu'il y a un déclenchement du HPAI H5N1 (Clark et *al.*, 2009).

3.4.3.2. Protection des aires de repos et des sites de *stopover* importants :

Un élément central des lois de conservation de la nature est l'identification et la protection suivie ou la gestion des sites importants (Clark et *al.*, 2009). Durant au moins le dernier siècle, il y a eu un long développement des cadres juridiques qui obligent ou encouragent la mise en place de simples aires protégées aussi bien que des larges réseaux de sites à des échelles allant du locales à l'internationales (Holdgate, 1999). Historiquement, des données sur le suivie et le monitoring des oiseaux ont joué un rôle particulier dans l'identification des aires importantes nécessitant une protection, mais les données de baguage n'ont, en général, pas été utilisées à leur plein potentiel pour l'identification des aires qui ont besoin d'une protection (Clark et *al.*, 2009).

Les données de reprises à court terme (les observations répétées des oiseaux marqués ou les recaptures des bagues métalliques) peuvent fournir des données extrêmement intéressantes pour l'évaluation des sites (Clark et *al.*, 2009). Le flux des oiseaux qui utilisent les sites durant les périodes de migration signifie que le nombre total d'oiseaux utilisant un site peut être significativement plus grand que celui estimé au pic d'abondance (Clark et *al.*, 2009). Le turnover (le nombre d'oiseau entrant et sortant d'un site) peut être évalué dans un site en utilisant le marquage et recapture des oiseaux bagués (Clark et *al.*, 2009).

Dans ce cas, les reprises dans un site peuvent fournir des informations sur les mouvements d'une espèce, comme ils nous permettent d'estimer combien de temps les oiseaux restent dans ce site et le nombre total d'individus qui y passent à une période donnée (Clark et *al.*, 2009). Smit & Piersma (1989) ont donné un exemple de l'estuaire de Sidi Moussa au Maroc où les observations des Bécasseau variable (*Calidris alpina*) marqués ont montrées que, le long de la période de migration printanière, le site a été utilisé par un nombre

équivalent à trois fois le pic du nombre d'oiseaux présent à n'importe quel temps, démontrant l'importance internationale du site pour le Bécasseau variable qui n'a pas été apparent par de simples comptages.

La convention Ramsar encourage l'utilisation de telles données sur le turnover, où ils sont disponibles, dans l'interprétation de leurs critères quantitatifs 5 et 6 en relation avec les oiseaux d'eau (Clark et *al.*, 2009). Il y a relativement peu de données de hautes qualités mesurant le turnover aux sites, la collecte de ces données nécessite un investissement significatif de baguage et des efforts d'observations importants (Clark et *al.*, 2009). Le turnover a, cependant, été évalué à des sites spécifiques. Par exemple Moser & Carrier (1983) ont trouvé que bien qu'il y a eu un comptage consistant d'environ 400 Grands Gravelots (*Charadrius hiaticula*) bagués en Solway Firth (Angleterre) à travers le passage printanier en 1983, les oiseaux marqués dans une première prise n'ont pas été présents par la suite jusqu'à la fin de la période. Ceci suggère que ces oiseaux se sont déplacés et que les populations qui utilisent l'estuaire ont été plus grandes que celles suggérées par le pic des comptages (Clark et *al.*, 2009). Plus récemment, en utilisant les observations des Bécasseau maubèche (*Calidris canutus*) marqués individuellement dans la baie de Delaware, USA, au printemps 2004, Gillings et *al.*, (2009) ont estimé la durée du stopover pour les individus de 8-12 jours, bien que la période de passage a été de 28 jours. Ceci a donné une estimation de 17707 oiseaux utilisant la baie, près de 30% plus grand que le pic de comptage de 13315 (Gillings et *al.*, 2009). Ces études ont montré clairement comment le baguage peut informer sur l'action de conservation en nous aidant à comprendre l'usage des sites, et en fournissant des informations qui ne sont pas disponibles par des comptages seuls (Clark et *al.*, 2009). Le développement et l'amélioration des méthodes d'analyses (Atkinson et *al.*, 2001, Frederiksen et *al.*, 2001, Schaub et *al.*, 2001, Choquet & Pradel, 2007) permettent maintenant des analyses de données poussées partout dans le monde.

3.4.4. Le maintien des données de reprises pour le futur :

Il reste beaucoup de défis pour assurer que l'analyse de données générées par le baguage continue à se développer et influencer la conception et l'implémentation de lois de conservation efficaces, aussi bien que d'être disponible à la communauté de recherche (Clark et *al.*, 2009). Ceci inclue:

- Continuer à maintenir le noyau d'infrastructure des programmes de baguage nationaux et des mécanismes de coopérations internationales efficaces est essentiel pour la collecte d'un grand nombre de reprise (Clark et *al.*, 2009). Ça va aussi être un grand défi de maintenir les ressources pour ces fins lors des récessions économiques, spécialement comme les lois de conservation nationales et internationales s'éloignent des orientations traditionnelles basées sur l'espèce (Davidson & Stroud 2006). Ils auront besoin d'être soutenus de ceux qui apprécient la capacité des données de baguage pour adresser un nombre de questions centrales au sujet de la conservation actuelle et future (Clark et *al.*, 2009).
- Les implications financières de l'ouverture du grand archive des reprises de bagues de manière que plus d'analyses internationales, reflétant les mouvements internationales des oiseaux, peuvent être entreprises (Clark et *al.*, 2009). En conjonction avec ça, c'est essentiel que des moyens nouveaux et innovateurs de synthèse des connaissances des chercheurs et des décideurs continuent à être développés (Clark et *al.*, 2009).
- Compte tenu de l'évolution des modèles de migration déjà en changement à cause du changement climatique, il y a un grand besoin de données historiques et longues, série de temps continue, telles que les données de baguage, pour chercher les changements biologiques (Clark et *al.*, 2009). En plus, les analyses récapitulant des mouvements doivent être mises à jour fréquemment pour refléter le monde en changement (Clark et *al.*, 2009). Ceci peut signifier le développement de systèmes qui produisent des résumés des données sélectionnés qui sont automatiquement mises à jour quand des reprises sont reçues (via le système d'information géographique en ligne ou des technologies similaires) (Clark et *al.*, 2009).
- Des analyses de reprises mieux ou plus systématiques, pour donner une évaluation plus approfondies des limites de distribution des populations et de l'usage des sites (Clark et *al.*, 2009). Ce travail devrait être intégré avec un suivi efficace et des données de recensement. Comme toujours, un tel travail nécessitera un niveau élevé d'interprétation par des spécialistes d'espèce qui comprennent les biais propre à la combinaison des séries de données multiples, et ainsi a besoin d'être entrepris sur des bases coopératives internationales (Clark et *al.*, 2009).

Il est donc essentiel, en particulier sous la lumière d'un changement climatique globale et de l'impact des maladies sur l'économie de la nourriture, que les programmes de baguage continuent à maintenir un nombre important de données sur le marquage et les

reprises (Clark et *al.*, 2009). Ceci nécessitera des engagements continus des organismes publics pour financer les programmes de baguage, car sans un tel financement ça ne sera pas possible de maintenir les contributions de plusieurs bagueurs volontaires sur lesquels les données de baguage et de reprise dépendent (Clark et *al.*, 2009).

Il sera aussi essentiel de développer des analyses plus sophistiquées de ces données et d'améliorer les méthodes de communication et de transfert de données. En Europe, EURING (*The European Union of Ringing Schemes*) va continuer à jouer un rôle important dans la coordination des efforts des programmes, qui travaillent à des normes communes et maintiennent un niveau élevé de coopération (Clark et *al.*, 2009). En plus, l'EDB (*EURING databank*), qui tient déjà les données de reprise des programmes à travers l'Europe dans un format standard, va devenir un dépositaire de données encore plus important (Clark et *al.*, 2009). L'avenir des programmes de baguage et de bagueurs volontaires va dépendre sur la collecte et l'analyse de données qui sont essentielles pour entreprendre une action de conservation et comprendre la propagation des maladies sur une échelle globale (Clark et *al.*, 2009).

Chapitre 4

Description des sites d'étude

Après la division du Soudan, l'Algérie est désormais le premier plus vaste pays d'Afrique. Elle présente un climat et une topographie très variés et peut être divisée en trois régions : une bande littorale humide où croissent des forêts de chênes sempervirents et des maquis qui entourent de nombreux marais et garaet (lacs peu profond) ; une zone de plateaux d'altitude semi-arides ponctuée de lacs salés immenses, les chotts et sebkhas ; le Sahara, avec de rares oasis où altèrent ergs (dunes de sable) et regs (plateaux rocheux).

Ledant & Van Dijk (1977 in Bouchekar, 2010) ont classé les zones humides algériennes en cinq zones géographiques et écologiques, dont seules les deux premières sont totalement exoréiques. Ces zones sont, d'Est en Ouest et du Nord au Sud:

- La région d'El Kala, dans le Nord-Est du pays, près de la frontière tunisienne, qui comprend des lacs et marais côtiers, pour la plupart d'eau douce. Le climat y est doux et pluvieux en hiver.
- Les lacs artificiels de barrage, répartis pour la plupart dans l'Atlas tellien, montagne longeant la mer.
- la région oranaise, dans le Nord-Ouest, de climat semi-aride, voire aride, doux, selon la classification d'Emberger. Les conditions de salinité y sont plus variées que dans les régions précédentes.
- La région des chotts constantinois, totalement endoréique; elle s'étend sur près de 200 km, entre Sétif et Ain Beida, de 800 à 1000 m d'altitude, en climat semi-aride frais. Ces lacs sont presque tous salés et de niveaux variables.
- Les chotts sahariens et des Hauts-Plateaux steppiques, salés et intermittents, souvent secs, en climat rigoureux, aride ou saharien, parfois très froid l'hiver sur les Hauts-Plateaux.

4. Description des sites d'études :

« L'ensemble des zones humides présentées ici a pour limite septentrionale la méditerranée et pour limite méridionale et orientale les collines de l'Atlas tellien, coïncidant à l'Est avec la frontière Algéro-tunisienne. La limite occidentale de cet ensemble est marquée par l'oued Seybouse. Ainsi délimité, cet ensemble pourrait s'appeler pour plus de clarté, la Numidie orientale. Elle correspond à la limite morphologique, définie par Marre (1992, in Bouchekar, 2010) comme l'extrémité du Tell » (Samraoui & De Bélair, 1998).

Les sites suivis sont divisés en deux groupes:

- Sites de la Numidie orientale: Lac Tonga, Lac des Oiseaux, Garaet Dakhla et Garaet Chatt.
- Site de la Numidie occidentale: Lac Fetzara.

4.1. Numidie orientale :

4.1.1. Lac Tonga :

4.1.1.1. Présentation du Parc National d'El-Kala (P.N.E.K.) :

La création du parc national d'El-Kala (Fig. 21) en 1983 dans la wilaya d'Annaba, par décret présidentiel, répondait à un besoin de conservation et de préservation des richesses naturelles que recèle le territoire de l'aire protégée. Une superficie de 80.000 ha constitue l'aire protégée, comprise dans une région fortement habitée dont les sites étaient déjà occupés par l'activité humaine, ce qui n'a pas manqué d'être à l'origine de difficultés de gestion, pourtant prévisibles. Avant même la création du Parc National, deux sites lacustres d'importance internationale ont été inscrits sur la liste de la convention de Ramsar comme habitats de la sauvagine en 1982. Il s'agit des lacs Tonga (2600 ha) et Oubeira (2200 ha). Plus tard en 1990, le parc national figurera sur la liste de l'UNESCO des réserves de la biosphère dans le cadre du programme de «l'homme et la biosphère» (*Man and Biosphere*). En novembre 2002, deux autres sites ont fait l'objet d'inscription sur la liste Ramsar; la tourbière du lac noir et les aulnaies de Ain-Khiar, en occurrence. En 2004, c'est au tour de la lagune d'El Mellah et du Lac Bleu de figurer sur ladite liste (Loukkas, 2006 in Bouchekar, 2010).

Le parc national d'El-Kala figure parmi les zones protégées les plus prestigieuses de la Méditerranée occidentale. Il possède des richesses naturelles exceptionnelles, représentées par une multitude d'espèces végétales et animales. La juxtaposition d'écosystèmes différents et interdépendants (marin, dunaire, lacustre et forestier) lui confère un caractère diversifié peu commun. Administrativement, il relève actuellement de la wilaya d'El-Taref. Il est compris entre les coordonnées géographiques 36°55-36°90' Nord et 8°16-8°43 Est (Loukkas, 2006 in Bouchekar, 2010).

4.1.1.2. La réserve intégrale du Lac Tonga (2.600 ha) :

Le lac Tonga (36° 53' N et 08° 31'E), est situé à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, à 3 km de la mer à vol d'oiseau. Étang et marais d'eau douce communiquant avec la mer par le chenal artificiel de la Messida, il se caractérise par la présence d'îlots flottants colonisés par des saules, de grandes plages d'eau libres occupées partiellement par le nénuphar blanc et une importante couverture végétale en forme de mosaïque. Zone humide importante d'hivernage pour 25.000 anatidés et foulques, c'est également un site de nidification exceptionnel pour plusieurs espèces dont certaines sont très rares ou en recul dans leurs aires de répartition comme l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Talève sultane *Porphyrio porphyrio* et la Guifette moustac *Chlidonias hybridus* et une colonie composée de plusieurs hérons (D.G.F¹, 2003 in Bouchekar, 2010).

4.1.1.2.1. Caractéristiques physiques:

Le lac Tonga date du Quaternaire, des mouvements tectoniques ont permis le creusement de sa cuvette composée d'argiles de Numidie. De dépression laguno-marine, elle s'est transformée en lac d'eau douce par envasement consécutif à des dépôts de limons arrachés aux collines. Le bassin versant, d'une superficie de 150 km², est constitué de sols de marécages et d'alluvions formés de sable et limons récents, des formations du Pontien, composées de conglomérats de grès de Numidie formant des reliefs abrupts, d'argiles de Numidie et de calcaires noirs de l'Eocène moyen. On distingue des sols de marais dans la partie centrale du lac, des sols tourbeux au niveau de l'aulnaie, des dépôts alluvionnaires des oueds et, autour du lac, des sols de prairies marécageuses. Le lac Tonga est alimenté par de nombreux affluents et par deux oueds importants: El Hout au sud et El Eurg au nord (D.G.F, 2003).

4.1.1.2.2. Valeurs hydrologiques:

Le lac Tonga joue un rôle important dans la maîtrise des crues en période hivernale, le captage des sédiments et des matières arrachées par les crues en amont et charriées vers le lac et la stabilisation des dunes littorales (D.G.F, 2003 in Bouchekar, 2010).

¹ D.G.F. Direction générale des forêts

4.1.1.2.3. Caractéristiques écologiques:

La surface du lac est recouverte à 90 % d'une végétation émergente avec 14 groupements, dont 10 associations et 82 espèces, dont 32 sont classées assez rares et rarissimes. Il existe 22 espèces d'Odonates appartenant à quatre familles. C'est également un site important d'hivernage et de nidification pour des dizaines de milliers d'oiseaux d'eau. Ceci est permis par la grande diversité des milieux: grandes surfaces d'eau libre, végétation en mosaïques et îlots de forêts flottantes de Saule pédicellé et aulnaie-ripisylve (D.G.F, 2003 in Bouchekar, 2010).

4.1.1.2.3.1. Flore remarquable:

Il compte 82 espèces végétales qui appartiennent à 31 familles, parmi elles 32 espèces, soit 39% de l'ensemble, sont classées assez rares à rarissimes, comme *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba* et *Utricularia exoleta* (D.G.F, 2003 in Bouchekar, 2010).

4.1.1.2.3.2. Faune remarquable:

Le site abrite la loutre *Lutra lutra* et le Cerf de Barbarie *Cervus elaphus barbarus* espèce endémique de l'Algérie et de la Tunisie, quelques dizaines de milliers d'oiseaux hivernent au lac Tonga, site de nidification d'un nombre important d'espèces aviaires: le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, l'Erismature à tête blanche, le Fuligule nyroca, la Talève sultane, le Blongios nain, la Guifette moustac et l'Ibis falcinelle. On y rencontre également la Sarcelle marbrée occasionnelle et le Flamant rose (D.G.F, 2003 in Bouchekar, 2010).

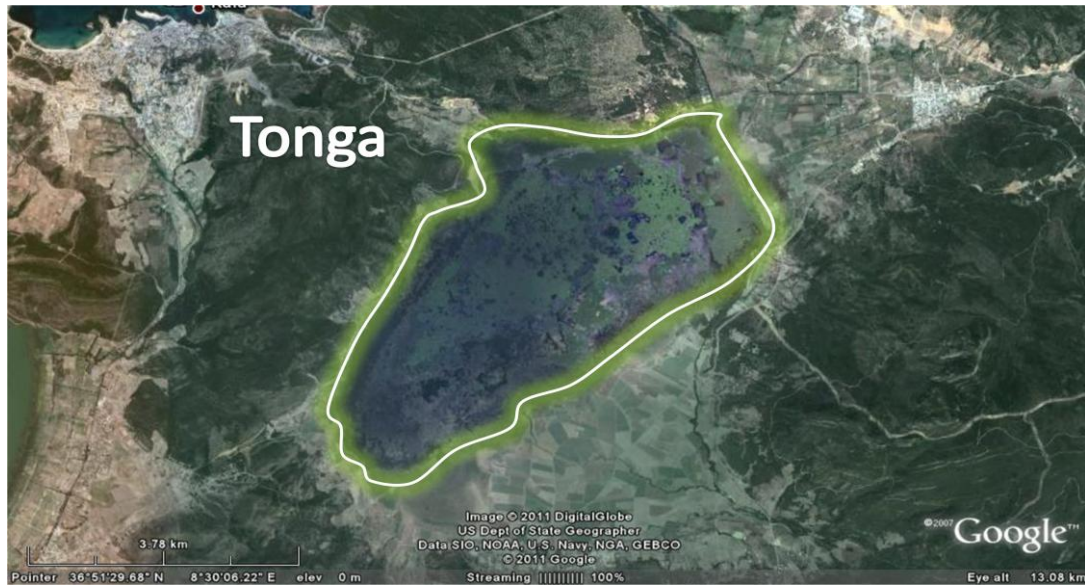


Fig. 21. Image satellite du lac Tonga.

4.1.2. Lac des Oiseaux (70 ha):

C'est également un lac d'eau douce (Fig. 22), qui reçoit un grand nombre d'oiseaux ($36^{\circ}47'N$, $8^{\circ}7'E$). Le lac s'étend virtuellement sur une superficie de 70 ha au maximum en hiver et de 40 ha en été. Avec une profondeur ne dépassant pas 2,5 m et les dépôts de matières organiques sont de 1 à 30 cm. Le climat qui règne dans ce lac est le climat méditerranéen divisé en périodes sèches qui s'étend sur six mois et une autre période humide pendant les mois d'hiver. Ce qui caractérise le lac des Oiseaux est l'abondance d'espèces floristiques tropicales (Samraoui et *al.*, 1992 in Bouchekar, 2010).



Fig. 22. Image satellite du lac des oiseaux.

4.1.3. Garaet Dakhla (8 ha):

Dakhla (Fig. 23) est une petite dépression dunaire d'environ 8 ha de superficie, elle se situe à 18 km à l'est de la wilaya d'Annaba (36°50.67'N, 07°59.08'E). Elle se trouve juste à coté de la route (W 109). Autours d'elle plusieurs parcelles sans cultivées par les agriculteurs et afin d'irrigués leurs cultures, ils pompent l'eau intensivement, perturbant ainsi l'écosystème de la garât déjà fragilisé par l'eutrophisation causée par les eaux usée et les engrais d'une part, et la pollution par les hydrocarbures d'autre part (huiles et essence des moteurs utilisés pour le pompage). Ce site très accessible *a priori* est en réalité très difficile d'accès à cause d'une barrière de végétation très dense composée essentiellement de *Salix sp.*, *Phragmites australis*, *Cladium mariscus*, *Salvinia natans*, *Nymphaea alba* et *Hydrocharis morsus-ranae* (Bouchekar, 2010).



Fig. 23. Image satellite de garaet Dakhla.

4.1.4. Garaet Chatt (2 ha):

D'une superficie de 2 ha environ, et à 25 km à l'est de la wilaya d'Annaba (36°49.81'N, 07°54.68'E). Garaet El Chatt (Fig. 24) se situe entre les deux villages de Chatt et Sidi M'barek. Pareil que garaet Dakhla elle se trouve juste à coté de la route (W 109), et à quelques mètres seulement des premières habitations. Ce site est le plus eutrophisé de tous les sites étudiés (eaux usées déversées sans aucun filtrage). La végétation est constituée essentiellement d'*Iris Pseudoacorus*, *Typha angustifolia* et *Phragmites australis* (Bouchekar, 2010).



Fig. 24. Image satellite de garaet Chatt.

4.2. Numidie occidentale :

4.2.1. Lac Fetzara (24.000 ha):

Le lac Fetzara se situe à 18 Km (Fig. 25) au Sud-Ouest de la Wilaya de Annaba et à 14 Km de la mer Méditerranée. Il s'allonge dans le sens Est-Ouest sur 17 Km de long et sur 13 Km dans sa plus grande largeur. Il est limité au Nord par le massif de l'Edough, par les collines d'Ain Berda au Sud et les cordons dunaires situés à l'Est et à l'Ouest. La route Nationale 44 (RN 44) menant vers la ville de Constantine passe au Nord du site, alors qu'à l'Ouest et au Sud, passe le chemin de wilaya N°13 (W 13) et, à l'Ouest, le chemin de wilaya N°108 (W 108) (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).



Fig. 25. Image satellite du lac Fetzara.

4.2.1.1. Caractéristiques physiques :

4.2.1.1.1. Géologie:

Les terrains bas constituant la majorité de la zone humide se sont formés durant l'Holocène. Les alluvions se sont formés à l'Ouest vers la côte de Skikda et, à l'Est, jusqu'à la région côtière de la plaine d'Annaba. Les montagnes, au Nord de la zone, sont formées de roches éruptives et métamorphiques du Trias. Ces roches sont des schistes cristallins et des granites. Les collines, au Sud du lac, formées au Miocène, sont constituées de flisch et de grès, et parfois de schistes mélangés aux alluvions. Des affleurements de roches se sont formés dans les montagnes situées au Nord du site, clivables, la désagrégation physique y est importante, ceci est à l'origine de la nature sableuse des terrasses (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.1.2. Géomorphologie:

La topographie du site se divise en 4 ensembles distincts: les montagnes aux alentours atteignant une altitude supérieure à 40 mètres, la terrasse formée au centre du lac atteignant une altitude comprise entre 2 à et 40 mètres, la plaine d'Annaba avec une altitude comprise entre 11 et 20 mètres et enfin les terrains bas dont l'altitude est inférieure à 11 mètres. Il existe également 4 types de sols, peu évolués d'origine non climatique dus à l'érosion, aux colluvions et alluvions, les vertisols, alluvions gonflants riches en argile que la sécheresse

arrive facilement à fissurer; des sols hydromorphes et des sols halomorphes à salinité élevée (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.1.3. Hydrologie:

Les eaux du lac Fetzara proviennent des montagnes environnantes, en dehors des nombreuses châabates (ruisseaux) en provenance des massifs environnants, il existe trois principaux oueds: oued El Hout au Sud, oued Mellah à l'Ouest et oued Zied au Nord-Est. Les trois sont canalisés, leurs eaux sont normalement évacués par l'oued Medjouba qui se déverse au niveau de l'Oued Seybouse qui débouche dans la mer Méditerranée, un peu plus à l'Est du site. Ceci est le résultat de la tentative avortée d'assèchement effectuée par les colonisateurs dans le cadre d'un programme d'envergure ayant touché la majorité des grandes zones humides du pays. Ces «aménagement», dont les effets perdurent aujourd'hui encore, font que le lac s'assèche régulièrement en saison estivale, les eaux de l'Oued El Hout continuant seules à alimenter le site (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010). La partie la plus profonde du lac est formée par sédimentation à une altitude d'environ 10 mètres. Durant la saison pluvieuse, l'eau remonte jusqu'à la côte 12 mètres environ, soit à 2 mètres du niveau du centre du lac. Cet aspect temporaire, la succession de périodes d'assèchement et de mise en eau rend particulièrement intéressant le lac au vu de la minéralisation renouvelée à chaque saison, ce qui crée un milieu extrêmement favorable pour l'alimentation des oiseaux hivernants et notamment les Anatidés de surface et les foulques (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.1.4. Bassin versant:

La superficie du bassin versant du lac, y compris les oueds et les châabets (ruisseaux) représente 515 km², au Sud, le bassin versant dont la ligne de partage des eaux se situe entre 300 et 400 mètres d'altitude est relativement vaste et onduleux avec une légère pente en direction du lac. Au Nord, la ligne de partage des eaux se situe à une hauteur d'environ 100 mètres avec une pente raide, mis à part les versants de l'oued Zied constitués de montagnes dont la hauteur s'élève à plus de 100 mètres. La ligne de partage des eaux des parties Ouest et Est se situe entre 20 et 30 mètres, le débit d'écoulement est estimé à 210mm par jour en moyenne (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.1.5. Climat:

De type méditerranéen, tempéré et caractérisé par une saison humide douce et un été chaud et sec, la température moyenne est de 11°C en hiver et 25°C en été. La pluviométrie se situe entre 600 et 700 mm par an, dont 80% sont concentrés durant la saison pluvieuse entre les mois d'octobre à mars. L'humidité moyenne mensuelle est de 68% à 75%. L'évaporation totale annuelle s'élève à 1.376 mm, l'évaporation mensuelle est supérieure à la pluviométrie mensuelle durant les mois de mars et octobre. Les vents, en période hivernale, sont de Nord-Est et Nord-Ouest, alors qu'en été, ils sont généralement de Nord-Est. Le Sirocco souffle environ 18 jours par an (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.1.6. Valeurs hydrologiques:

Les eaux du lac Fetzara sont collectées à partir des oueds El Hout, El Mellah et Zied ainsi que celles qui se déversent le long des pentes périphériques. La superficie submergée en hiver est de l'ordre de 5.800 hectares. Durant la saison sèche, les précipitations étant presque nulles, peu d'eau arrive au lac. Le drainage du site a lieu tout au long de l'année par l'intermédiaire du canal principal dont les eaux d'évacuation se déversent dans l'Oued Medjouba puis, ensuite, dans l'Oued Seybouse qui débouche dans la mer (D.G.F., 2003). Durant la saison estivale, le lac est donc complètement sec, ceci est dû principalement à la détérioration de l'écluse du canal principal d'évacuation situé à El Gantra, à l'Est du lac. Les caractéristiques hydrologiques du lac sont la maîtrise des crues, la rétention des sédiments et des nutriments et la recharge de la nappe aquifère (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.2. Caractéristiques écologiques:

Plusieurs milieux caractérisent le lac Fetzara ; parmi eux existe, de l'extérieur vers l'intérieur, un groupement naturel constitué de chêne liège et d'olivier et un groupement artificiel de plantation de pin maritime et d'eucalyptus. Vient ensuite une strate arbustive composée de genêts et d'oléastre, une strate herbacée et, enfin, une végétation palustre diversifiée, constituée principalement de roseaux, de massettes ou *Typha* sp., de joncs *Juncus* sp. et une végétation aquatique assez importante bien que très peu étudiée (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.2.1. Flore remarquable:

Peu d'études ont jusqu'à jour caractérisé ce site, ceci explique pourquoi ce volet ne peut être détaillé (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

4.2.1.2.2. Faune remarquable:

Le Lac Fetzara constitue un site très important pour l'accueil des oiseaux d'eau hivernants, principalement l'oie cendrée *Anser anser* dont il abrite le 1% international et le Canard siffleur *Anas penelope*. Zone de gagnage pour les Anatidés et foulques, il accueille en moyenne en hiver plus de 30.000 oiseaux d'eau annuellement (D.G.F., 2003 in Bouchekar, 2010).

Chapitre 5

Matériel et méthodes

5.1. Matériel utilisé :

5.1.1. Matériel de terrain :

- Télescope Optolyth (20 x 60) pour lire les bagues.

5.1.2. Logiciels utilisés :

- Access 2007 pour créer une base de données.
- Mapinfo 8.5 pour la cartographie.
- ENVI 4.5 également pour la cartographie.
- SPSS 17.0 pour les tests statistiques.



Fig. 26. Colonie d'ibis falcinelle de Chatt (Mai 2010). Nous pouvons observer les ibis falcinelles (couleur noir), le héron garde bœufs et l'aigrette garzette (couleur blanche) en vol lors d'une opération de baguage.

5.2. Méthodes :

5.2.1. Travail de terrain :

5.2.1.1. Bagueage :

Après les longues investigations (2004-2007) sur les zones humides de la Numidie, des colonies mixtes d'ibis falcinelle et de hérons ont été trouvées et suivies (Boucheker, 2010). Afin de suivre la structure et la dynamique de la population Algérienne, un programme de bagueage a été entrepris. Des bagues Darvic blanche, portant un code alphanumérique commençant par la lettre J (JXX), ont été posées sur le tibia droit des poussins. Le programme de bagueage de l'espèce a commencé en 2008 en baguant 72 individus durant la même année dans 3 sites (Chatt, Lac Tonga et Lac Fetzara) (Samraoui et al. 2009). Si nous comptons les 2 ans de bagueage qui ont suivi, 378 individus ont été bagués.

5.2.1.1. Lecture de bagues :

La durée d'échantillonnage s'est étalée de Septembre 2008 jusqu'à Mars 2011 notant bien que plusieurs observateurs ont contribué pour la collecte des données. Les sorties ont été faite d'une manière assez régulière à raison d'une sortie par semaine dans la saison d'hivernage et moins fréquente dans la saison de reproduction. Dans la saison d'hivernage, nous avons ciblé des sites où l'espèce était généralement présente. De plus, à l'aide d'informations transmises par l'équipe du Laboratoire de Recherche des Zones Humides visitant régulièrement les sites suivis, nous avons pu localiser à chaque fois les sites où l'espèce était présente. La lecture des bagues a été réalisée en utilisant des observations directes sans l'utilisation d'un cache. Dans la saison de reproduction, la collecte de données est plus difficile parce que les individus reproducteurs se cachent à l'intérieur de la végétation pour l'incubation, et par conséquent nous avons profité des opérations de bagueage pour lire les bagues si elles étaient présentes. Notant bien que plusieurs personnes ont contribué à la collecte de données à savoir des chercheurs et étudiants Algériens, Marocains et Portugais.

5.2.2. Travail de laboratoire :

5.2.2.1. L'élaboration de la base de données :

La base de données est composée de trois tables contenant un certain nombre de champs:

1. Bagues d'ibis falcinelle : code, direction, couleur, patte, date de baguage, site de baguage et commentaire.

Bagues d'ibis falcinelle
Code
Direction
Couleur
Patte
Bague métallique
Date de baguage
Site de baguage

Fig. 27. Table de bagues d'ibis falcinelle.

2. Zones humides Algériennes (Samraoui et Samraoui, 2008): site, coordonnées géographiques, nombre d'espèces enregistrées, nombre d'espèces reproductrices, menaces, statut actuel et l'année de nomination Ramsar.
- 3.

Zones humides Algériennes
Région
Site
Coordonnées géographiques
Nombre d'espèces enregistrées
Nombre d'espèces reproductrices
Menaces
Statut actuel
L'année de nomination Ramsar

Fig. 28. Table de zones humides Algérienne.

4. Lecture de bagues : code, direction, couleur, patte, bague métallique, date de baguage, site d'observation, pays d'origine, statut, observateur 1, observateur 2 et commentaire

Lecture de bagues
Code
Direction
Couleur
Patte
Bague métallique
Date de baguage
Site d'observation
Pays d'origine
Statut
Observateur 1
Observateur 2
Commentaire

Fig. 29. Table de lecture de bague.

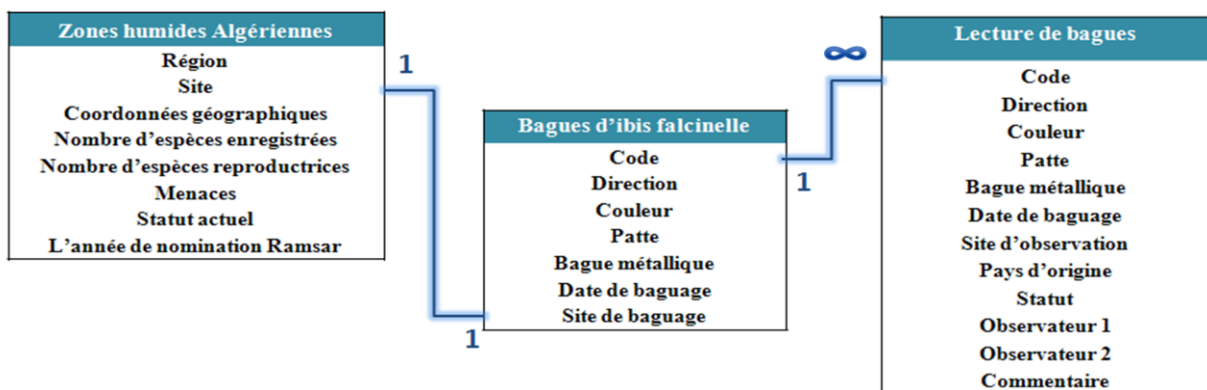


Fig.30. Base de données de l'ibis falcinelle.

5.2.2.2. L'élaboration de cartes:

A l'aide des logiciels Mapinfo 8.5 et ENVI 4.5, nous avons utilisé les coordonnées GPS collectées sur terrain pour représenter le déplacement des oiseaux sur carte avec seulement des points et des lignes.

5.2.2.3. Analyses des données directionnelles (angulaires):

Le logiciel Oriana 3 a été utilisé pour créer les roses de vents, réaliser le test de Rao's spacing et faire les corrélations entre distances et directions de dispersion.

5.2.2.4. Analyses statistiques :

Le test de Kruskal-Wallis a été réalisé grâce à SPSS 17.0.

Chapitre 6

Résultats et discussion

6.1. Résultats :

6.1.1. Dispersion natale :

Durant notre période d'étude, seulement 21 ibis bagués ont été identifiés (bague lue et historique connue) dans les sites de reproduction durant la période nuptiale dont 4 ont montré une philopatrie aux sites de naissance. Parmi ces individus, 15 (71.42%) avaient une origine Algérienne, 5 (23.80%) Espagnole et 1 (4.76%) Italienne.

6.1.1.1. Direction et fréquence :

Lorsqu'on ne considère que les individus nés en Algérie, une distribution circulaire non aléatoire des directions de la dispersion natale a été trouvée (Rao's spacing test : $U = 266.54$, $p < 0.01$, $r = 0.453$, L'angle moyen = 71.60° , $n = 11$) (Fig. 31.a). Un groupe d'oiseaux (27.27% des oiseaux) s'est dispersé préférentiellement dans les directions entre $75-85^\circ$ (c.-à-d. à l'est) tandis qu'un autre groupe (72.72% des oiseaux), a préféré des directions entre $250-275^\circ$ (c.-à-d. une dispersion Ouest) (Fig. 31.b). Quand on inclue tous les individus des différentes origines, nous pouvons observer que la distribution est toujours non aléatoire (Rao's spacing test : $U = 262.47$, $p < 0.01$, $r = 0.05$, L'angle moyen = 199.31° , $n = 17$) et qu'il y a aussi deux directions majeures de dispersion (Fig. 31.b). La première, Est, est représentée par 47.05% des oiseaux qui se sont dispersés dans les directions entre $70-90^\circ$; tandis que la deuxième, principalement Sud, est représentée par 52.94% des oiseaux qui se sont dirigés entre $195-275^\circ$ (Fig. 31.b). Il est également important de noter qu'aucun individu Algérien n'a été enregistré autant que reproducteur en dehors de son pays natal.

6.1.1.2. Distance de dispersion :

Dans cette étude, les distances de dispersion natale pour les individus Algériens se sont échelonnées entre 0 et 42.6 km avec une moyenne de 29.30 ± 11.72 km et une médian de 31.4 km ($n = 11$, Fig. 32). Les distances qui sont égales à 0 veulent dire que certains ibis

falcinelles ont regagné leur même site de naissance durant la saison de reproduction. En considérant tous les individus de différentes nationalités, des distances beaucoup plus importantes peuvent être notées avec un minimum et un maximum de 0 et 1386 km respectivement, une moyenne de 484.25 ± 640.23 km et une médiane de 38.7 km ($n = 17$).

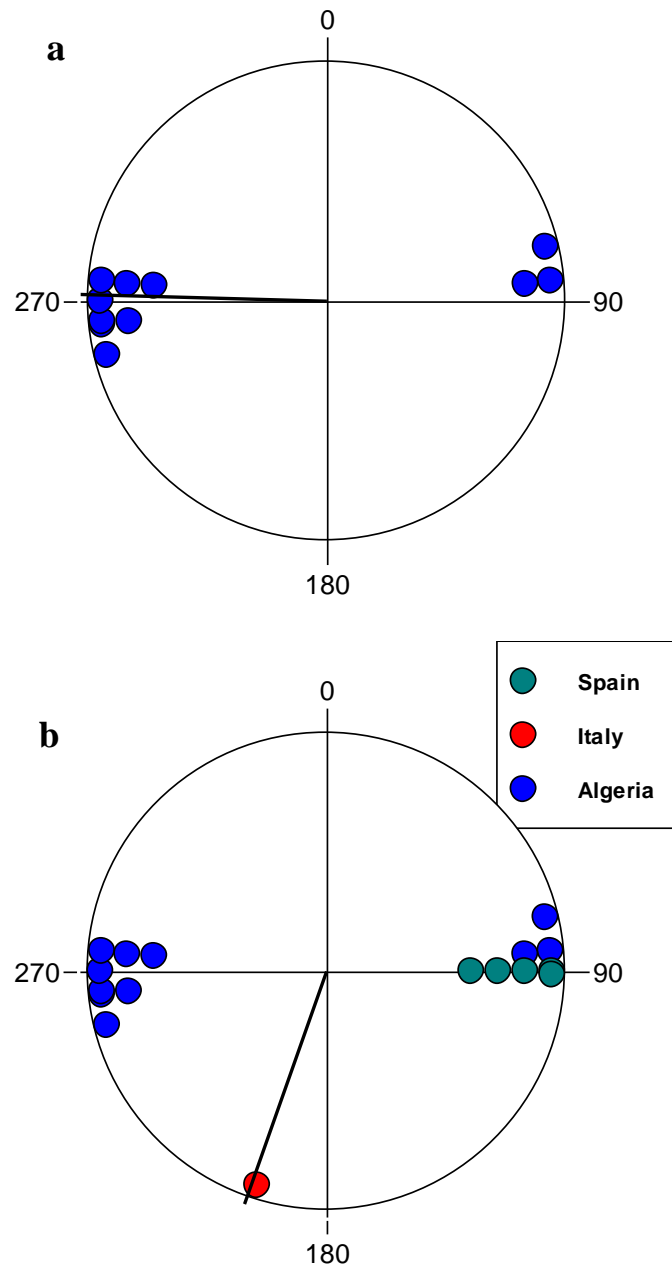


Fig. 31. Distribution circulaire de la dispersion natale de l'ibis falcinelle. a). Seulement les individus Algériens (nés en Algérie) ont été considérés (Rao's spacing test : $U = 266.54$, $p < 0.01$, $r = 0.453$, L'angle moyen = 271.60° , $n = 11$). b). Les individus de différentes origines (Algérienne, Espagnole et Italienne) ont été regroupés (Rao's spacing test : $U = 234.143$, $p < 0.01$, $r = 0.143$, L'angle moyen = 269.003° , $n = 17$). Chaque point représente un individu dans

le site de reproduction, donc la longueur de chaque vecteur (points juxtaposés) représente la fréquence de dispersion natale. Trois individus se sont reproduit dans le même site de naissance par conséquent ils ne peuvent pas figurer dans la rose de vent.

Une corrélation hautement significative a été trouvée entre les directions et les distances de dispersion natale des ibis de différentes origines ($r = 0.74, p < 0.0001$) mais celle-ci a été absente lorsqu'on ne considérait que les individus Algériens ($r = 0.36, p = 0.34$). De plus, comme on peut le remarquer dans la Fig. 34, il y'avait une différence hautement significative entre les distances de dispersion natale des individus des trois nationalités (test de Kruskal-Wallis : $\chi^2 = 12.947, dl = 2, p = 0.002$).

La cartographie de la dispersion natale est présentée dans les Figures 35 et 36.

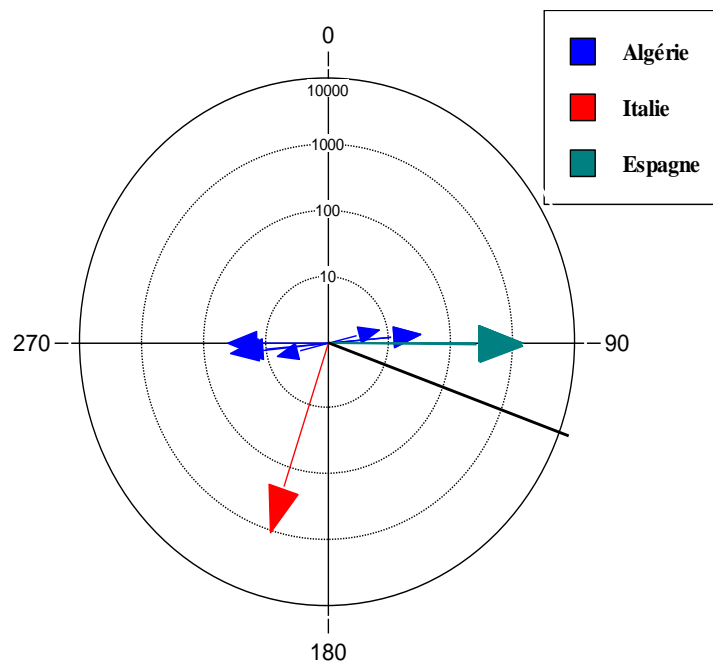


Fig. 32. Direction et distance de la dispersion natale de l'ibis falcinelle reproducteur en Numidie durant les 3 ans d'étude. Chaque vecteur représente la distance (en km) parcourue par un individu entre le site de naissance et celui de sa reproduction. Pour que les résultats soient plus visibles une transformation logarithmique des données a été faite. Une couleur a été attribuée pour chaque nationalité (Algérienne, Espagnole et Italienne). Ici aussi, Les individus qui se sont reproduit dans le même site de naissance (Distance = 0) ne figurent pas dans le graphe.

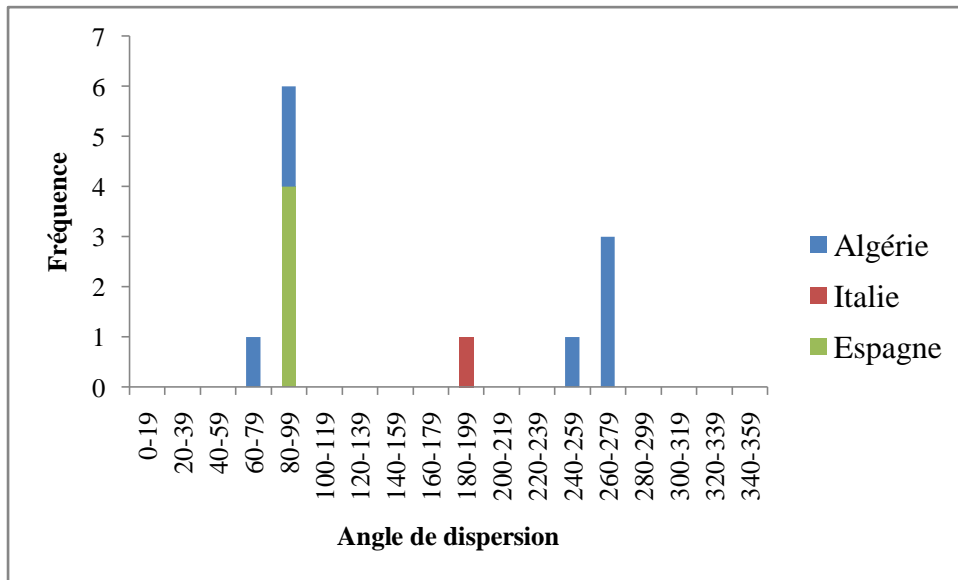


Fig. 33. Distribution des directions (angles) de la dispersion natale de l'ibis falcinelle.

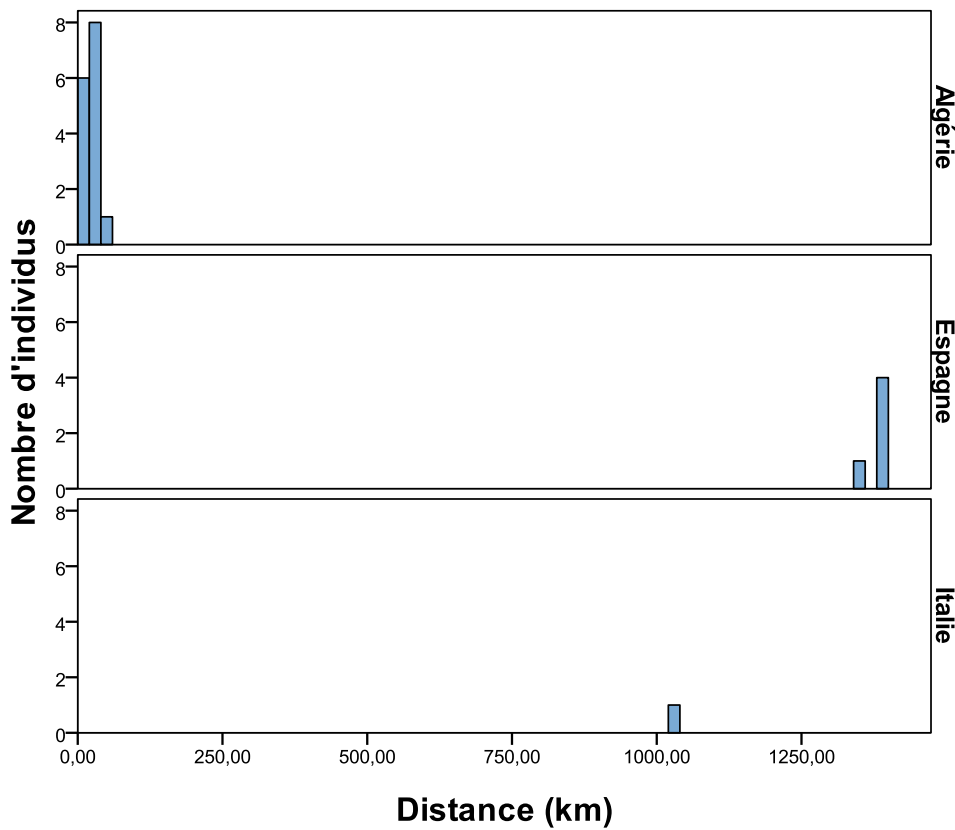


Fig. 34. Fréquence des distances de dispersion natale par pays d'origine de l'ibis falcinelle.

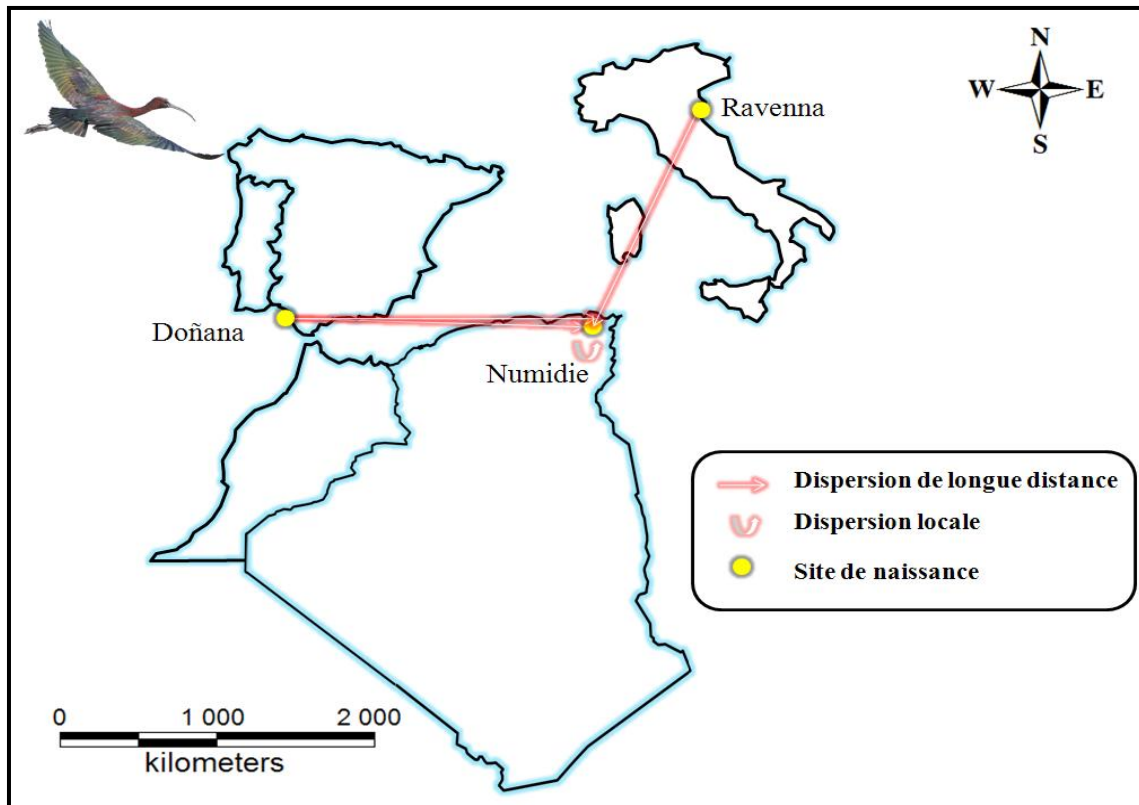


Fig. 35. Dispersion natale de longue distance de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.

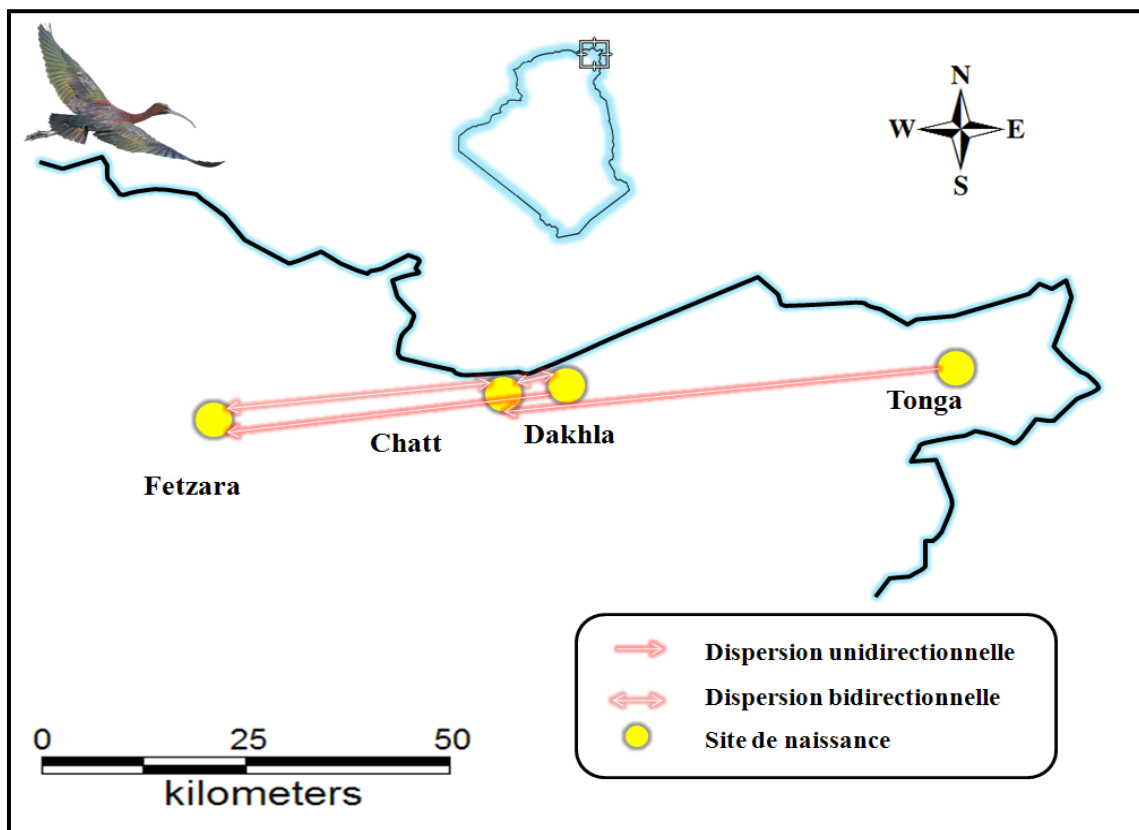


Fig. 36. Dispersion natale locale (Numidie) de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.

6.1.2. Dispersion automnale (vers les sites d'hivernage) :

Concernant la dispersion automnale, le nombre de bagues lues a été plus important parce que dans la période hivernale l'espèce préfère généralement s'alimenter dans des zones humides peu profondes avec peu de couverture végétale et donc la lecture de bagues a été bien plus facile. Dans cette partie, nous avons inclus seulement les individus confirmés avoir hiverné (> 1 observation) de la même bague).

6.1.2.1. Direction et fréquence :

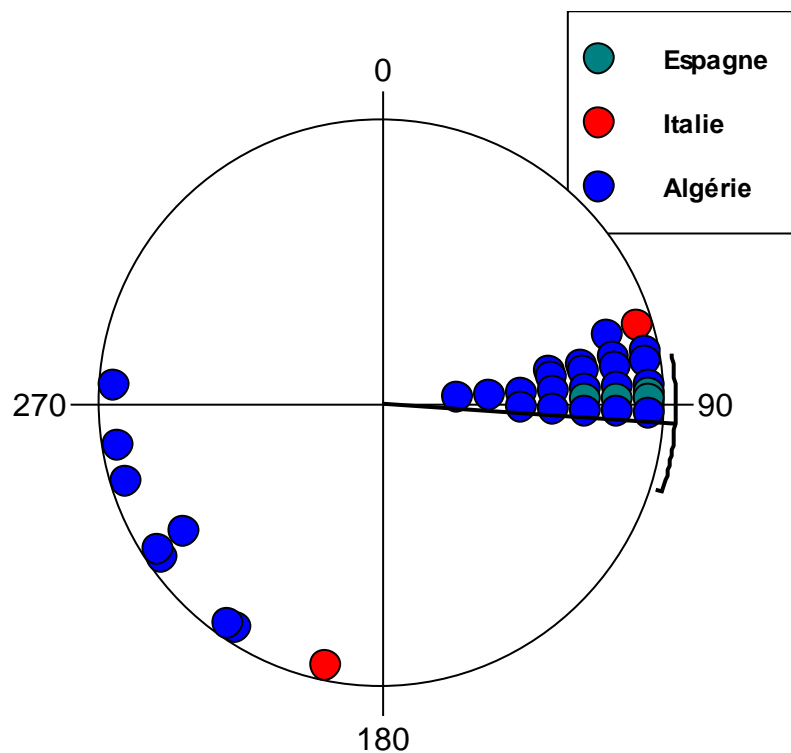


Fig. 37. Direction et fréquence de la dispersion automnale de l'ibis falcinelle en Numidie durant les 3 ans d'étude. Chaque point représente 2 individus hivernants, donc le nombre de points juxtaposés représente la fréquence de dispersion.

Les ibis Algériens ont montré une distribution circulaire non aléatoire des directions de la dispersion automnale (Rao's spacing test : $U = 293.8$, $p < 0.01$, $r = 0.628$, l'angle moyen = 91.86° , $n = 50$) (Fig. 37). Une minorité (20 % des individus, $n=10$) a choisi des directions entre $190-255^\circ$ (c.-à-d. à l'ouest) tandis que la majorité (80 % des individus, $n = 40$) a

emprunté des directions entre $70-95^\circ$ (c.-à-d. une dispersion Est) (Fig.37). En considérant toute la population mixte, un même pattern non aléatoire a aussi été trouvée (Rao's spacing test : $U = 295$, $p < 0.01$, $r = 0.65$, l'angle moyen = 93.71° , $n = 60$) présentant la même tendance de dispersion à l'Est (80 %, $n = 48$) et au Sud-ouest (20 %, $n=12$) mais cette dernière a présenté des directions plus éparpillées (Fig. 37, Fig. 38).

La cartographie de la dispersion automnale est présentée dans les Figures 39 et 40.

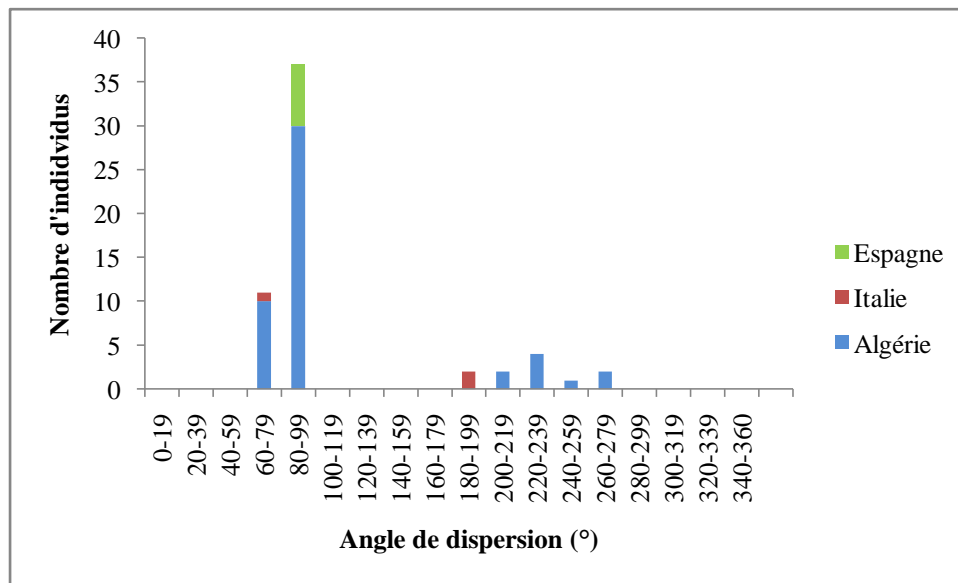


Fig. 38. Distribution des directions (angles) de la dispersion automnale vers les sites d'hivernage de l'ibis falcinelle.

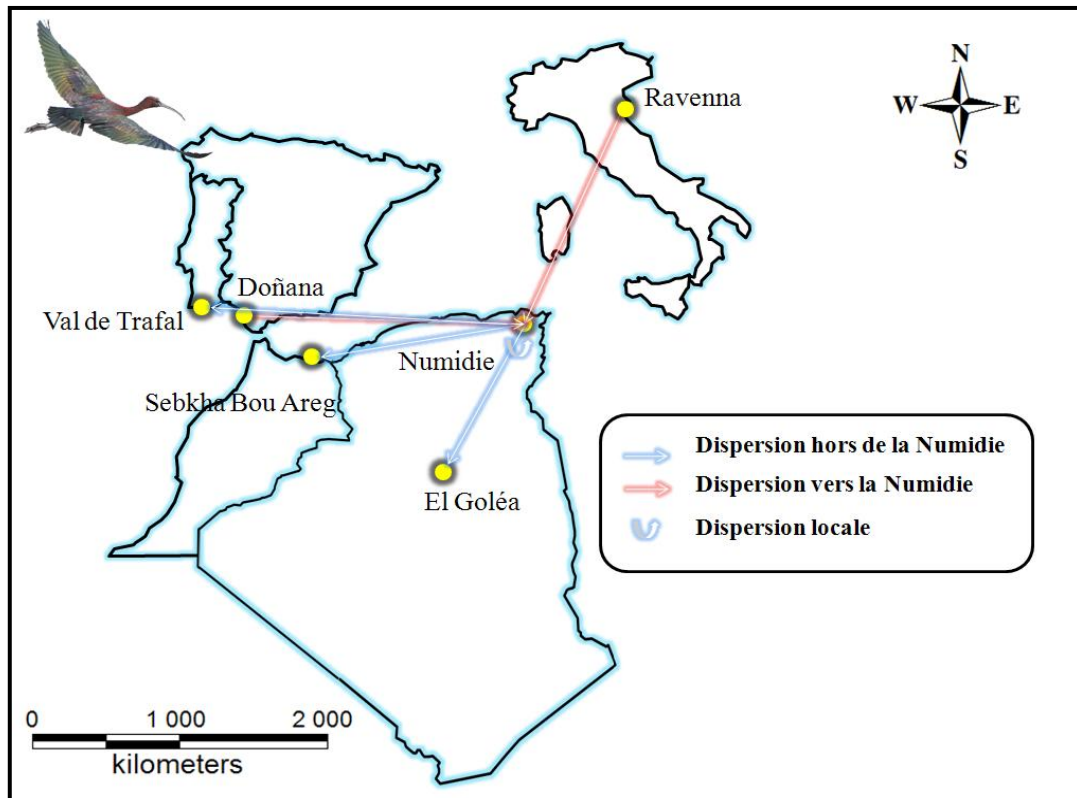


Fig. 39. Dispersion automnale de longue distance de l’ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2011.

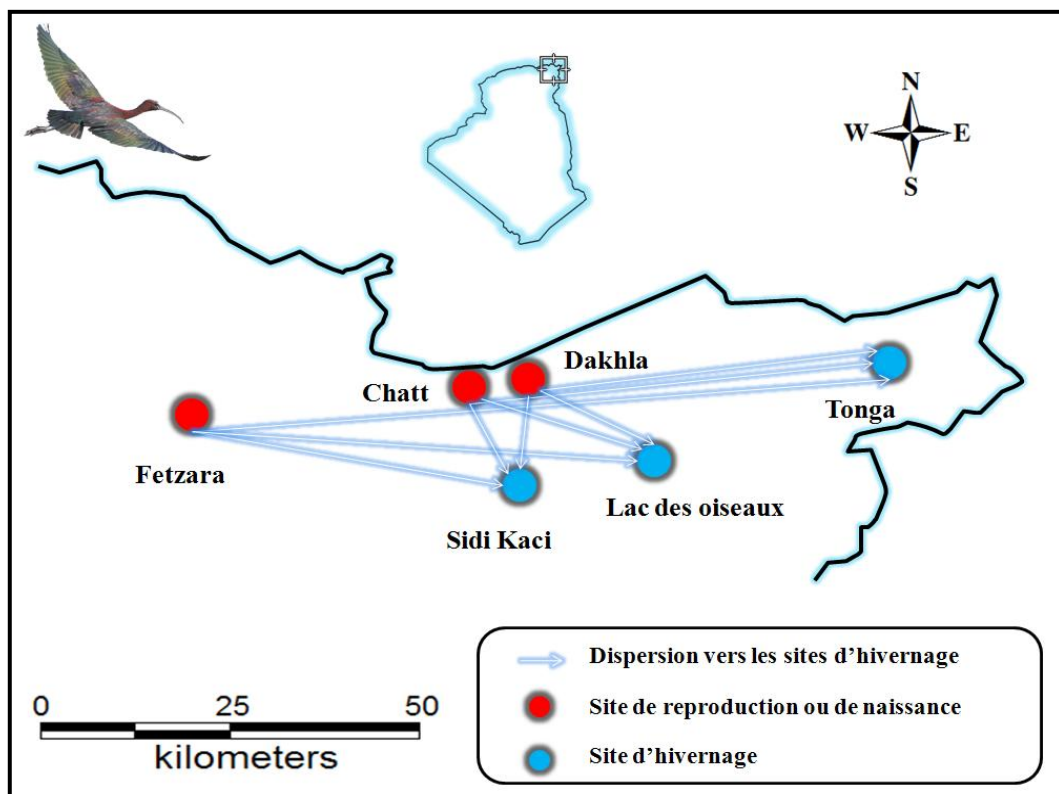


Fig. 40. Dispersion automnale locale de l’ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2011.

6.1.2.2. Distance de dispersion :

Une variation individuelle remarquable des distances de dispersion automnale pour les ibis reproducteurs en Numidie a été enregistrée allant de 9 jusqu'à 1454 km. La moyenne et la médiane étaient de 108.47 ± 255.91 km et de 49.5 respectivement ($n = 50$). Contrairement à la dispersion natale, le minimum de la dispersion automnale a été de 9 km ce qui montre que l'espèce n'utilise pas les mêmes sites de reproduction pour hiverner. En incluant les individus étrangers, la moyenne et la médiane augmentent en 273.28 ± 466.09 km et 50.4km respectivement ($n = 60$).

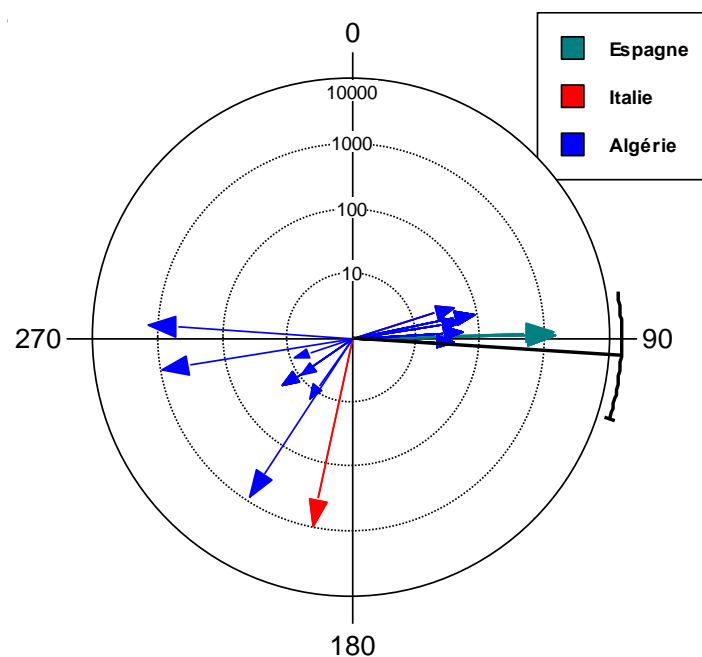


Fig. 41. Directions et distances de la dispersion automnale de l'ibis falcinelle reproducteur en Numidie durant les 3 ans d'étude. Chaque vecteur représente la distance (en km) parcourue par un individu entre le site de naissance et celui de sa reproduction. Une transformation logarithmique des données a été faite.

Il n'y avait pas de corrélation entre les directions et les distances de dispersion automnale lorsque tous les individus étaient inclus dans l'analyse ($r = 0.172$, $P = 0.185$, $n = 60$), mais en considérant seulement les individus reproducteurs en Numidie elle est hautement significative ($r = 0.61$, $p < 0.01$, $n = 50$). Une différence hautement significative entre les distances de la dispersion automnale des ibis de différentes origines a été enregistrée (test de Kruskal-Wallis : $\chi^2 = 18.99$, $dl = 2$, $p < 0.0001$).

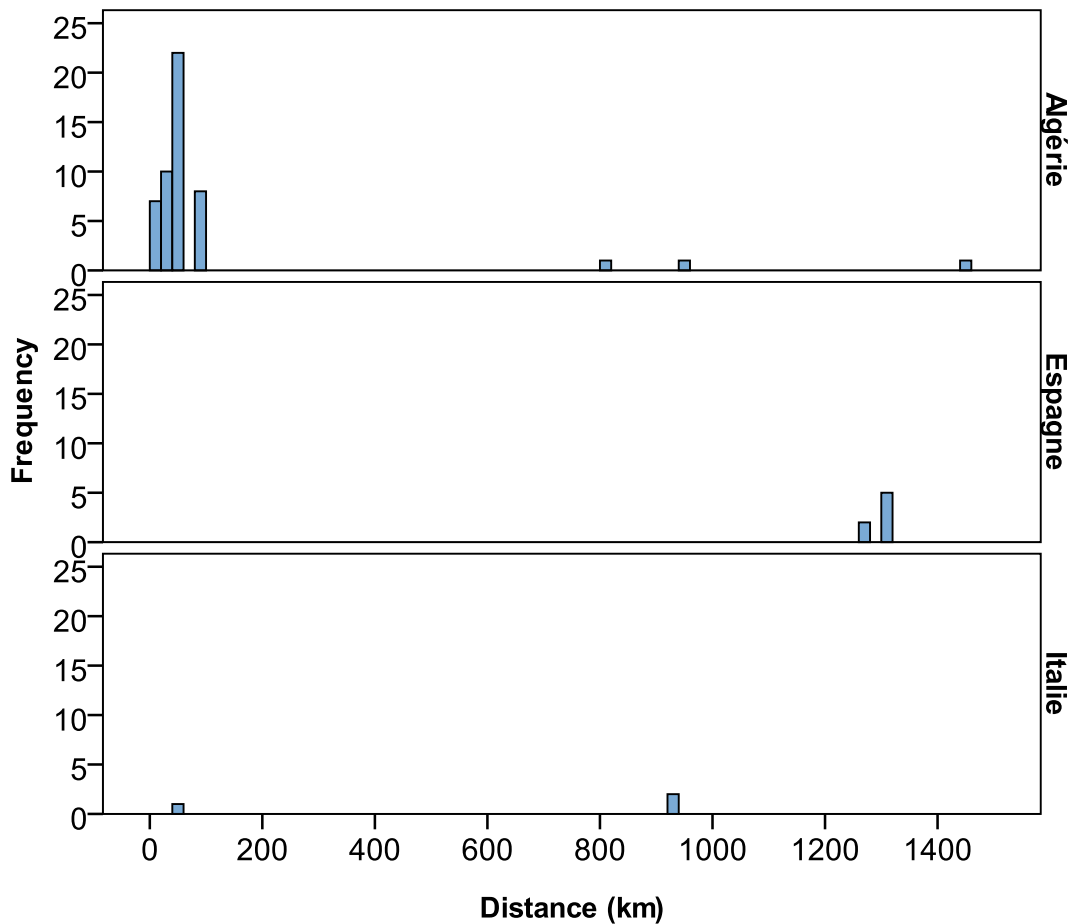


Fig. 42. Fréquence des distances de dispersion natale de l'ibis falcinelle par pays originaire.

6.1.3. Dispersion printanière :

Les données concernant la dispersion des ibis falcinelles depuis les sites d'hivernage vers les sites de reproduction ont été très limitées parce que cela nécessitait d'enregistrer le même individu bagué durant la même année en période hivernale puis en période de reproduction. Seulement deux observations ont été obtenues correspondant à deux individus qui ont passé l'hiver (2008-2009 pour le premier individu et 2009-2010 pour le deuxième) au lac Tonga. Le premier a choisi de se reproduire (ou de passer la saison de reproduction) à Dakhla durant la saison 2009, tandis que le deuxième a préféré lac Fetzara en 2010. L'angle de dispersion moyen a été de 280°.

La cartographie de la dispersion printanière est présentée dans la Figure 44.

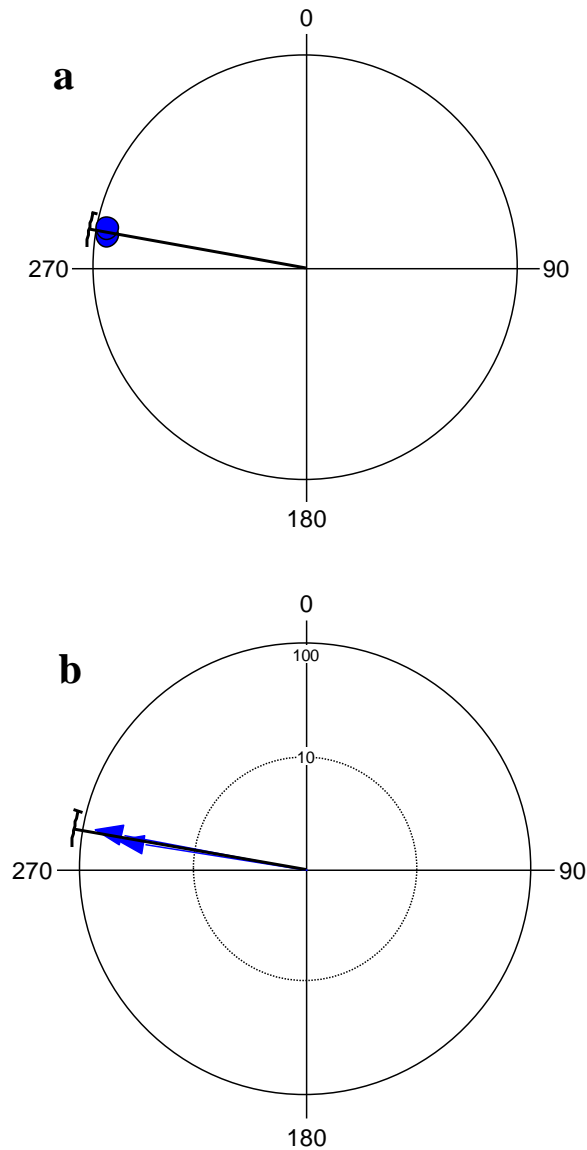


Fig. 43. Dispersion printanière de l'ibis falcinelle durant les 3 ans d'étude. a). Fréquence de dispersion (l'angle moyen = 280° , $n = 2$). b). Direction et distance. Les données représentées correspondent à deux individus hivernant au lac Tonga et se reproduisant (ou de passer la saison de reproduction) à Dakhla et au lac Fetzara en 2009 et 2010 respectivement (Distance moyenne = 64.9 ± 21.77 , $n = 2$).

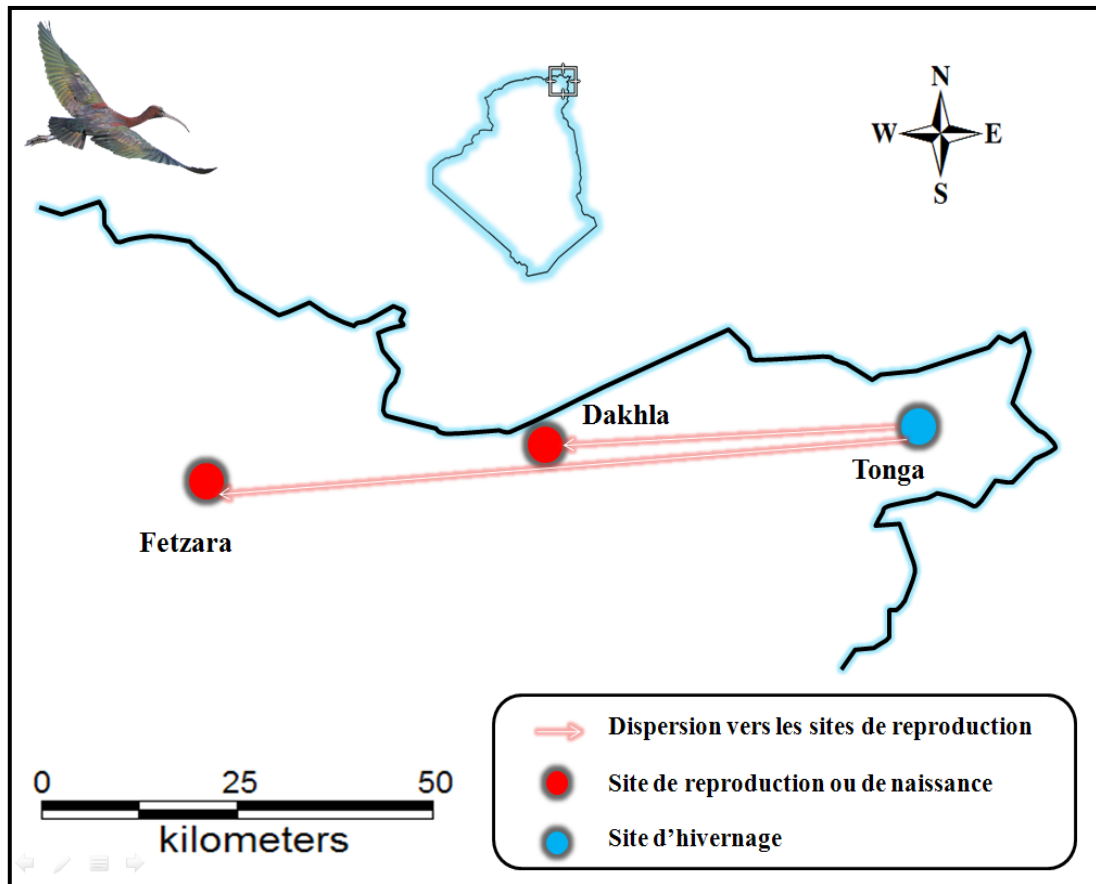


Fig. 44. Dispersion printanière de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.

6.1.4. Philopatrie aux sites de reproduction :

Nous n'avons pas observé d'individus qui se sont reproduits au même site en deux années différentes. Cependant, un individu a été enregistré dans la saison de reproduction à un site proche de celui de l'année qui a précédé. L'ibis s'est reproduit à Dakhla en 2009 et à Chatt en 2010. Une distance de seulement 7 km sépare les deux sites (Fig. 45). Cependant, des données supplémentaires sont nécessaires pour montrer que l'espèce présente un degré de fidélité (philopatrie) plus ou moins important aux sites de reproduction.

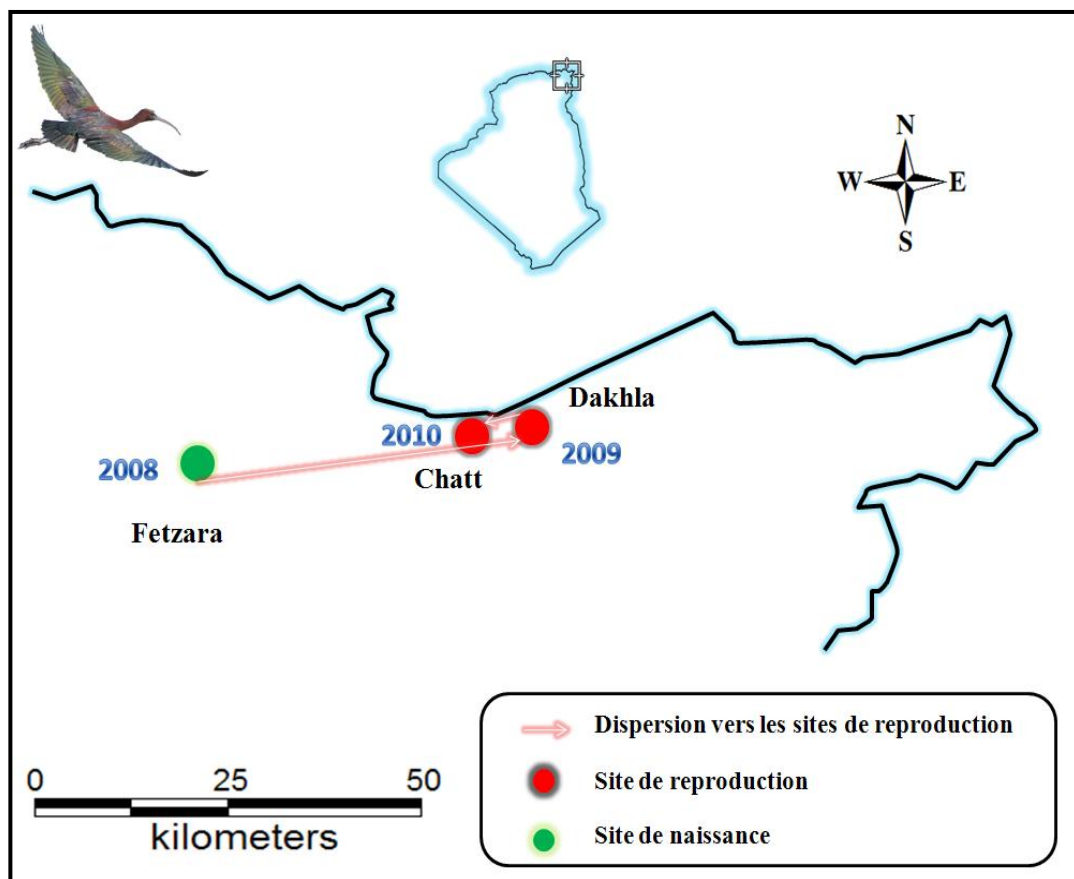


Fig. 45. Philopatrie aux sites de reproduction de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.

6.1.5. Philopatrie aux sites d'hivernage :

Seulement deux individus (l'un espagnol et l'autre Italien) ont montré une philopatrie à leur site d'hivernage en différentes années (Fig. 46). Tous les deux ont hiverné au lac Tonga durant deux et trois années pour l'individu Espagnol (H53) et Italien (ICD) respectivement (Tableau 4.5.1).

Tableau.6.1. Sites d'hivernage des ibis bagués observés en différentes saisons d'hivernage. Nous avons mis une distance = 0 lorsque l'individu hiverne dans le même site en deux saisons d'hivernage différentes.

Bague	Nombre de saison d'hivernage	Nombre de site d'hivernage	Site(s) d'hivernage	Distance intersites d'hivernage (km)
H53	2	1	Tonga	0
ICD	3	1	Tonga	0

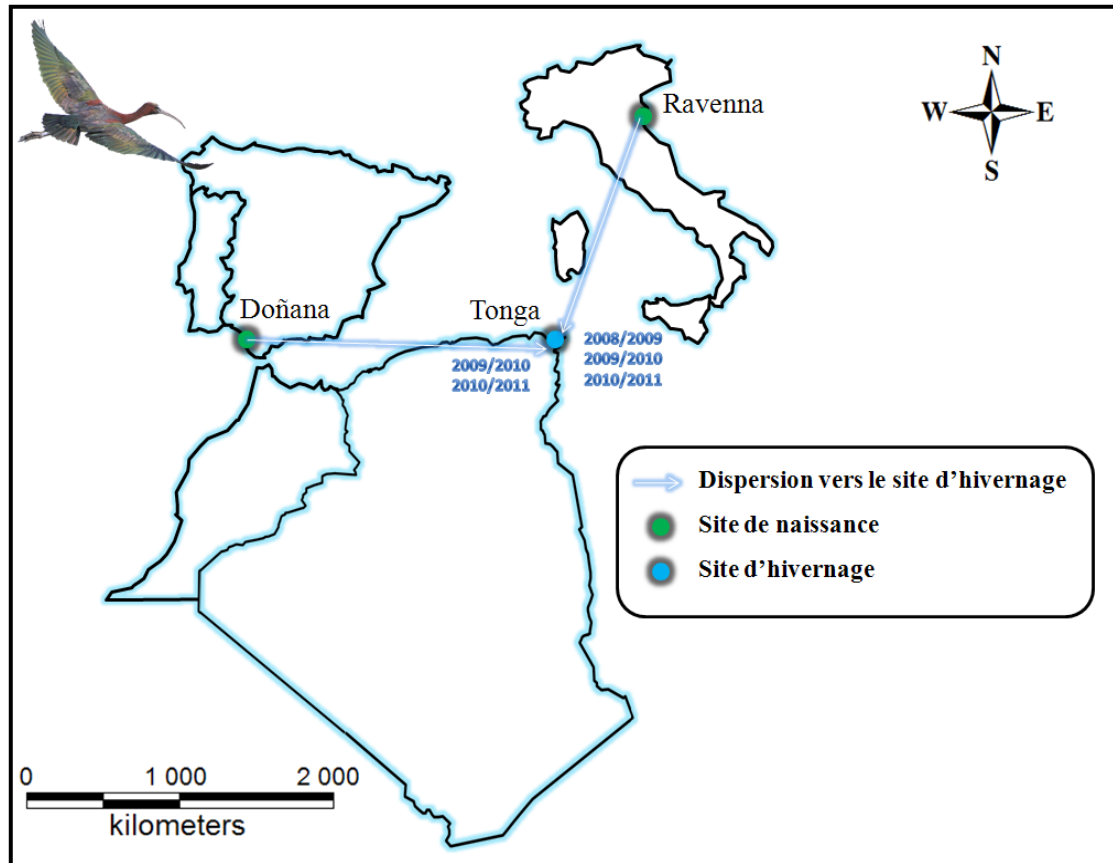


Fig. 46. Philopatrie aux sites d'hivernage de l'ibis falcinelle enregistrée entre 2008 et 2010.

6.1.6. Taux de reprises :

Durant la période d'étude, 378 poussins ont été bagués dans quatre sites (Chatt, Fetzara, Dakhla et Tonga) (tableau 4.6.1). Les calculs des taux de reprises ont été basés sur le total de bagues reprises par rapport au total d'ibis bagués. Le taux de reprise total a été de 0.14 (53 reprises pour 378 ibis bagués).

Un calcul des taux de reprise à la première année après le baguage a été réalisé pour les 3 ans (2008-2009, 2009-2010, 2010-2011) aboutissant à des valeurs de 0.183, 0.120 et 0.132 (pour la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} année respectivement) et présentant une moyenne de près de 0.13. Cela veut dire qu'après le baguage de 2008 par exemple, 18.3% (0.183) des individus bagués ont été observés, soit en période hivernale ou de reproduction. La faible valeur de la 2^{ème} année est probablement due au manque de lecture de bagues.

Tableau 6.2. Effectifs d'ibis falcinelles bagués dans chaque site durant les 3 années d'étude.

Site	2008	2009	2010	Total
Chatt	41	0	96	137
Tonga	4	0	0	4
Fetzara	26	0	153	179
Dakhla	0	58	0	58
Total	71	58	249	378

Les taux de reprise en première année après le baguage ont été assez faibles et n'ont jamais atteint les 20% présentant une moyenne de 14.5% (tableau 4.6.3).

Tableau 6.3. Taux de reprise en 1^{ère} année après le baguage des ibis falcinelles bagués en Numidie.

Année	N° d'oiseaux bagués	Reprises en première année	Taux de reprise Total
1ère	71	13	18.30%
2ème	58	7	12.06%
3ème	249	33	13.25%

On peut observer que le taux de recapture annuel décroît considérablement après la première année d'observation (tableau 4.6.4), ce qui montre que la probabilité qu'un individu soit observé en deux années successives a été très faible.

Tableau 6.4. Taux de reprise annuels des ibis falcinelles bagués en Numidie. Les oiseaux bagués en première année ont eu la chance d'être observé pendant 3 ans tandis que la 2^{ème} et 3^{ème} année n'ont été observés que pendant 2 ou 1 année respectivement.

Année	1ère	2ème	3ème
Ibis bagués en 2008	18.30%	1.40%	2.80%
Ibis bagués en 2009	12.06%	5.17%	
Ibis bagués en 2010	13.25%		

6.1.7. Voies de migration (Flyways) :

6.1.7.1. Emigration :

Selon nos résultats, on peut tracer deux voies de migration pour les individus naissant ou se reproduisant en Numidie et hivernant en dehors de cette région (Fig. 47). La première, Ouest, est à travers Gibraltar en traversant plus de 1000 km près de la côte Algérienne et Marocaine pour atteindre le Sud du Portugal. La deuxième, Sud-ouest, se fait à travers les zones semi arides et arides Algériennes pour arriver au Nord du Sahara.

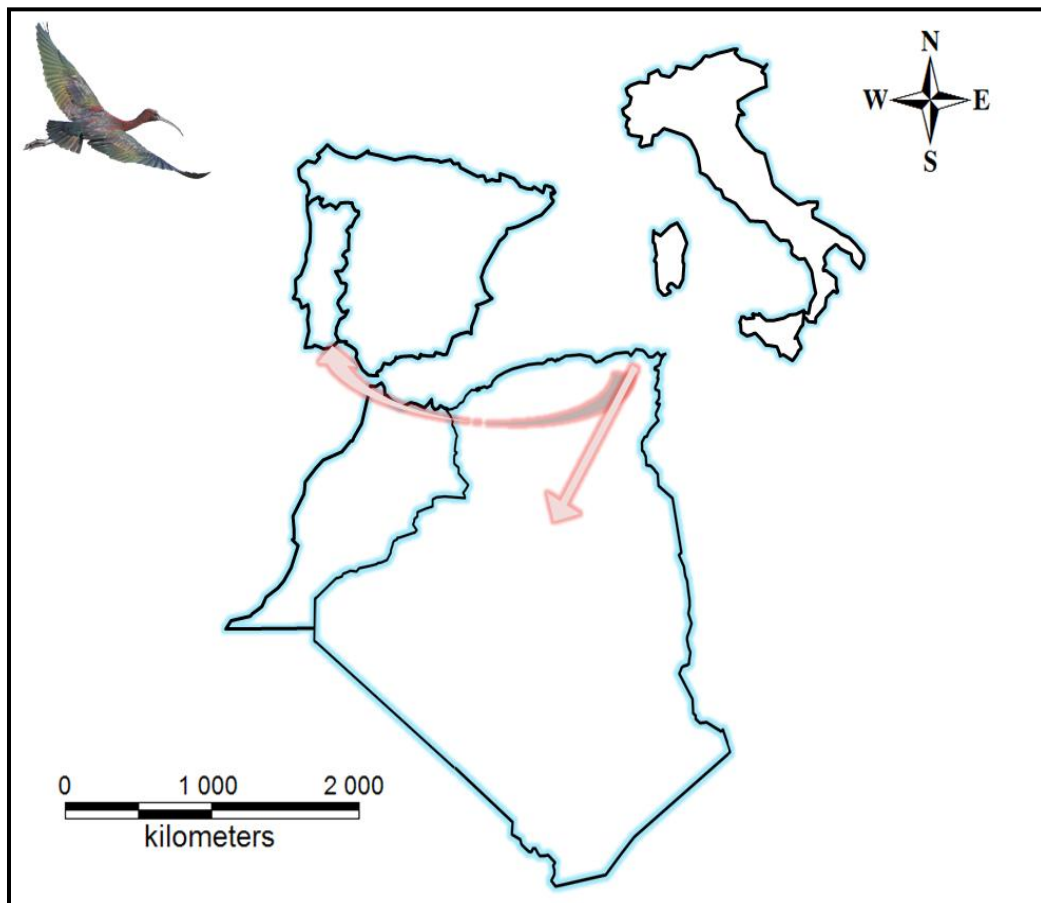


Fig. 47. Voies migratoires pour les ibis falcinelles émigrant en Numidie.

6.1.7.2. Immigration :

Deux voies de migration peuvent être supposées (Fig. 48). La première, d'Espagne vers la Numidie en passant par Gibraltar. La deuxième, d'Italie vers la Numidie en traversant soit la Sardaigne (la plus probable) ou la Sicile (moins probable).

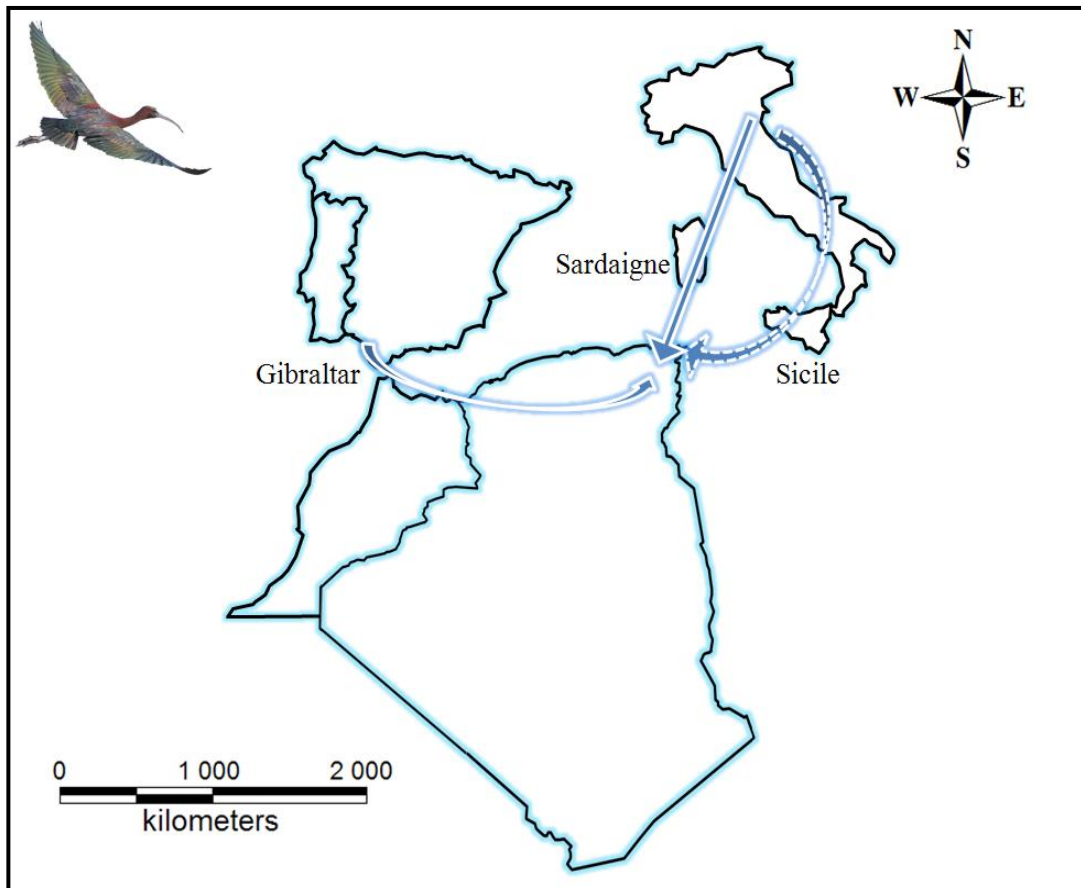


Fig. 48. Voies migratoires pour les ibis falcinelles immigrant en Numidie.

6.1.8. Structure d'âge :

6.1.8.1. En saison de reproduction :

L'âge maximal enregistré des ibis falcinelles dans les sites de reproduction a été de 9 ans pour un individu né en Espagne (Fig. 49). La distribution d'âge des individus reproducteurs en Numidie a été de 22%, 52%, 4% et 4% pour les individus âgés de 1, 2, 7 et 9 ans respectivement. Les individus dont l'âge a été inconnu représentent 17% des individus enregistrés en saison de reproduction.

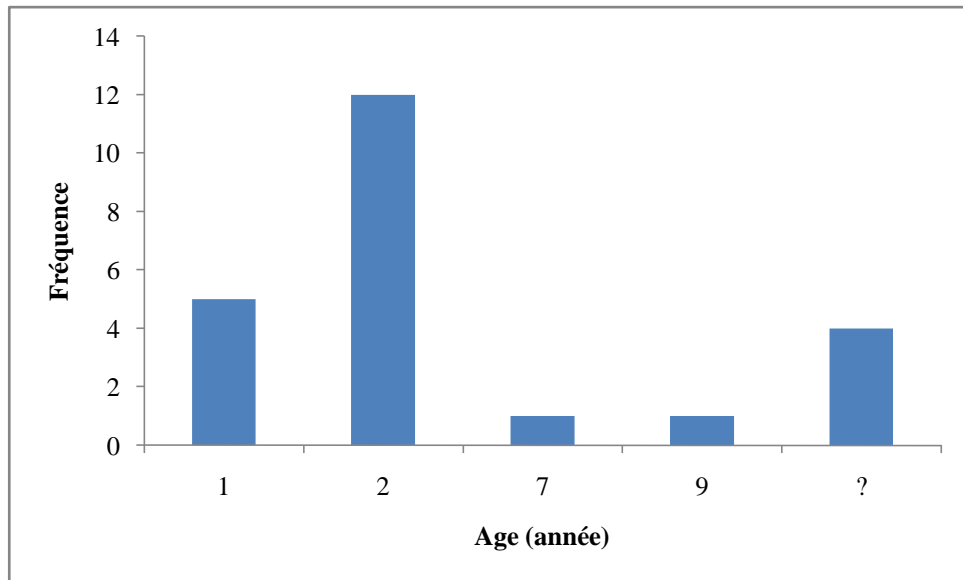


Fig. 49. Distribution d'âge des individus reproducteurs en Numidie.

6.1.8.2. En saison d'hivernage:

La quasi-totalité des individus (88%) avait un âge inférieur à 1 an (Fig. 50). Les autres avaient un âge de 1 (3%), 2 (1%) et 3 ans (3%). Enfin, l'âge de 4 % des individus enregistrés était inconnu car leur origine et identité ne nous ont pas été communiquées.

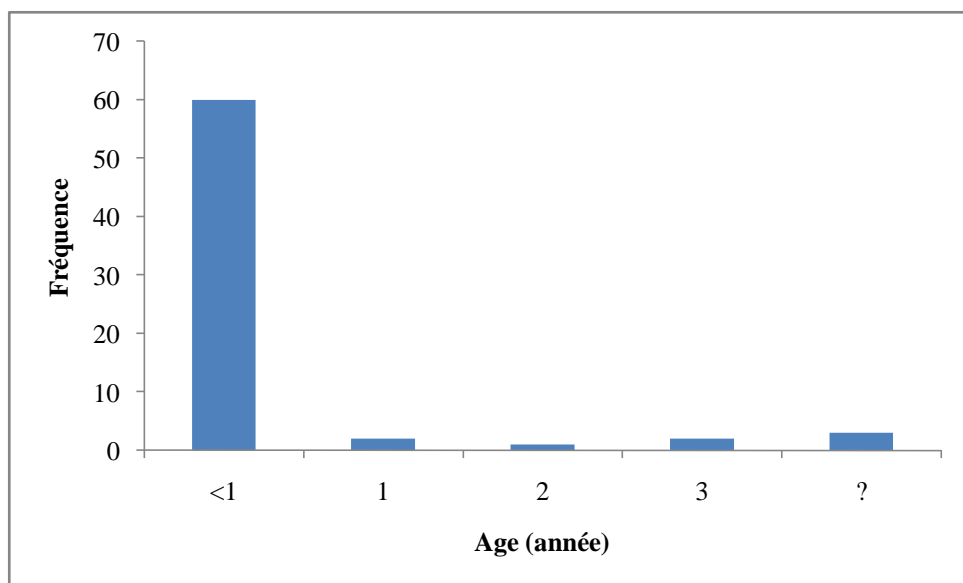


Fig. 50. Distribution d'âge des individus hivernants en Numidie.

6.2. Discussion :

6.2.1. Dispersion natale :

Cette étude a montré que les colonies d'ibis falcinelle de la Numidie sont constituées d'individus de différentes origines. Durant cette étude, des individus originaires de deux pays Sud Européens (L'Espagne et l'Italie) ont été enregistrés. Bien que la taille de l'échantillon soit petite, des résultats intéressants ont été trouvés. Ce manque de données est en partie du au fait que l'espèce se reproduit dans des roselières denses (Hancock et *al.*, 1992) et par conséquent la lecture des bagues n'est pas évidente. C'est peut être l'une des raisons que la dispersion natale de cette espèce n'a pas encore été étudiée.

Les colonies pluri originaires d'ibis falcinelle de la Numidie ont montré deux directions majeures de dispersion natale, Est et Sud-ouest. Généralement, les individus Algériens ont plus tendance à faire des dispersions locales (<50 km) occidentales pas très loin de leur site de naissance. De plus, ces derniers n'ont pas encore été observés dans des colonies étrangères et que des cas de reproduction dans le même site de naissance ont été notés, ce qui laisse à penser qu'il y a une probabilité que l'ibis falcinelle présente un degré considérable de philopatrie aussi bien à la région qu'aux sites de reproduction. Cependant, une proportion considérable d'individus d'origines Espagnole et Italienne a été observée reproductrice dans les colonies Algériennes, ce qui suggère que quelques ibis ont trouvé des habitats préférables de reproduction et des sites de nidification propices durant leur retour des sites d'hivernage (Sokolov et *al.*, 1984; Morton et *al.*, 1991) et se sont installés dans ces régions au lieu de faire leur migration complète. De plus, d'autres cas plus remarquables ont aussi été notés. Des individus nés en Europe (Espagne et Italie) ont aussi bien hiverné et niché en Numidie ce qui laisse à croire que le climat et la productivité biologique des zones humides de cette région (Samraoui & De Bélaire, 1993) ont fait que ces individus ont trouvé les conditions favorables pour résider.

La tendance des individus Algériens à se disperser plus à l'Ouest pour se reproduire est peut être expliquée par la présence d'une grande zone humide (Lac Fetzara) pourvue de la plus grande roselière de toute la Numidie (ce qui constitue l'habitat 'type' pour la reproduction de l'espèce), située dans la partie occidentale de la région et en conjonction avec la dispersion le long d'une des routes majeures (flyway) de migration d'oiseaux d'eau en Algérie (Samraoui & Samraoui, 2008).

6.1.2. Dispersion automnale :

Nous avons eu la certitude que l'ibis falcinelle bagué en Numidie hiverne au Sud du Portugal. Une autre observation d'un ibis au Nord-est du Maroc en Octobre (probablement en stop-over) nous ramène à l'hypothèse qu'une proportion d'ibis falcinelle bagué en Numidie hiverne au Sud-ouest de l'Europe en traversant le détroit de Gibraltar, ce qui constitue le chemin le plus 'court' qui lie l'Afrique au Sud de l'Europe. Le phénomène de Bottleneck de migration arrive régulièrement dans ce détroit puisque des millions d'oiseaux de différentes espèces et ayant des aires de reproduction ou d'hivernage très éloignées, convergent dans l'espace et dans le temps (van Loon et *al.*, 2011). Une autre trajectoire (Sud) très différente de la première s'orientant vers le Sahara a aussi été enregistrée durant cette étude. L'un de nos ibis bagué a été observé en Janvier au niveau du lac El Goléa (Site Ramsar situé dans la limite Nord du Sahara). Schogolev (1994) a noté que l'espèce baguée en Ukraine lors de la saison de reproduction a hiverné au Mali et en Libye en traversant le Sahara.

Dans la littérature, la distance, l'orientation, mais aussi la durée de séjours aux sites de stop-over, la sélection d'habitat et le comportement d'alimentation sont tous influencés par la quantité de graisse stockée par l'oiseau avant la migration (Cherry, 1982 ; Bairlein, 1985 ; Biebach et *al.*, 1986 ; Loria & Moore, 1990 ; Yong & Moore, 1997 ; Moore & Aborn, 2000).

6.1.3. Dispersion printanière :

La dynamique des populations est extrêmement influencée par l'hétérogénéité spatiale de l'habitat (Dunning et *al.*, 1992) et peut parfois produire un fonctionnement de type source-puits. Des zones où la production d'individus excède la mortalité permettent alors de repeupler les zones où la mortalité excède la production d'individus grâce à des flux d'individus (Pulliam, 1988). Ce type de fonctionnement peut exister à une échelle relativement locale, au travers d'un *patchwork* d'habitats de qualité variable ou à plus vaste échelle. Un fonctionnement de type source-puits serait-il envisageable pour la population Numidienne d'ibis falcinelle?

Il faut noter qu'en Algérie l'espèce n'a été observée reproductrice seulement en Numidie (Samraoui & Samraoui, 2008). Les colonies qui s'y trouvent sont devenues de plus

en plus grande durant ces trois dernières années mais restent beaucoup moins importante que les colonies Européennes (particulièrement celles du Sud, telle que la Camargue en France ou Doñana en Espagne). Si on ajoute le fait que ces dernières sont bien plus protégées que les notre, sachant en outre que la chasse qui est commune en Numidie peut induire un fonctionnement de type source-puits (Novaro et *al.*, 2005), nous pouvons envisager un tel fonctionnement pour la population Numidienne d'ibis falcinelle. Le Sud d'Europe, plus productif et moins fortement prélevé fonctionnerait comme un réservoir d'individus c.-à-d. « la source » permettant de repeupler le Nord-est d'Algérie (Numidie) c.-à-d. « le puits » où les prélèvements sont plus importants et où la productivité semble plus faible, grâce à des déplacements latitudinaux. Cette hypothèse est fondée sur des observations d'individus d'origine Sud Européenne (Italie et Espagne) en reproduction dans les zones humides Numidiennes de même que certains d'entre eux sont devenues sédentaires. De plus, on a eu la preuve que la pression de chasse a été importante.

6.2.4. Philopatrie aux sites de reproduction :

Nous avons observé un cas de philopatrie au site de reproduction lors de notre période d'étude. Il se peut qu'un plus grand nombre adopte la même stratégie et que le manque d'observation dû à la difficulté de lecture de bagues en cette saison ait induit un biais provoquant une faible tendance des ibis falcinelles reproducteurs en Numidie de réutiliser les mêmes sites de reproduction d'une année à une autre. D'une manière générale, plusieurs oiseaux migrateurs retournent précisément au même site pour des tentatives de reproduction dans des saisons de reproduction successives ce qui suggère que la dispersion augmente leur fitness (Greenwood 1980; Gowaty & Plissner, 1997). En effet, il a été démontré que les individus ayant eu un grand succès de reproduction dans une année donnée sont plus susceptibles de retourner sur le même territoire lors de la saison de reproduction suivante (Gavin & Bollinger, 1988; Paton & Edwards, 1996; Haas, 1997 ; 1998), alors que les individus souffrant d'un succès de reproduction faible seront plus susceptibles de se disperser (Robinson, 1985). Si on suppose que les résultats obtenus durant cette étude, relatifs à la philopatrie aux sites de reproduction soient représentatifs, nous pouvons suggérer que des dérangements des colonies causés par la chasse ou le vandalisme ont incité les ibis reproducteurs à changer de site suite à un échec de reproduction.

La fidélité au site peut ne pas affecter seulement la survie ou le succès de reproduction des individus, mais aussi la démographie, la dynamique (Brown & Kodric-Brown, 1977;

Freemark et *al.*, 1995; Schmidt, 2004) et la variabilité génétique d'une population (Lande & Barrowclough, 1987).

6.2.5. Philopatrie aux sites d'hivernage :

Durant cette étude, quatre individus ont montré une philopatrie aux sites d'hivernage dont l'un d'eux a été observé pendant trois ans dans le même site qui est le lac Tonga. Les scientifiques ont aussi posé la même question du bénéfice de cette adaptation comportementale qui consiste à regagner les mêmes sites d'hivernage, et ils ont suggéré que les oiseaux adoptent la philopatrie aux sites de reproduction pour les mêmes raisons qu'aux sites d'hivernage telle que celle de minimiser le coût de la sélection d'habitat (Pärt, 1991 ; 1994), maximiser le succès de reproduction (Doligez et *al.*, 2002) et augmenter la capacité compétitive (Pärt, 1994).

6.2.6. Taux de reprises :

Le taux de reprise de l'ibis falcinelle bagué en Numidie durant les trois ans de baguage et d'observation a été de 14%. Ce taux est assez élevé par rapport à d'autres travaux réalisés sur la même espèce (Warga, 1954 ; Schogolev, 1994). Ces deux publications représentent selon nos connaissances les seuls travaux entrepris sur la dispersion de l'ibis falcinelle à travers les reprises de bagues. La plus ancienne est celle de Warga (1954) où 5018 individus ont été bagués en Hongrie depuis 1912-1954, mais seulement 90 ont été observés donnant un taux de reprise de 0.02 (2%). Ce très faible taux était dû à la difficulté de communiquer les lectures due à des contraintes linguistiques mais aussi à de grandes pertes (mortalité) probables durant les guerres. La deuxième étude est celle de Schogolev (1994) dans laquelle 5000 individus ont été bagués dans une période de dix années (1972-1982) ; là aussi un taux de reprise très faible a été enregistré avec seulement 56 individus bagués repris présentant un taux de reprise de 0.01 (1%). L'espèce congénérique l'ibis à face blanche (*P. chihi*) a aussi montré des taux semblables avec seulement 3.9% du total d'individu bagué (Ryder, 1967).

Pour les oiseaux, les taux de reprise sont généralement faibles, dans plusieurs espèces de petite taille, moins de 0.1% des individus bagués n'ont jamais été signalés, mais dans les espèces plus grandes, spécialement celles chassées par l'homme, la proportion peut s'élever à 20% (Newton, 2008), notant bien qu'un individu bagué tué (chassé) sera enregistré comme

une reprise. Dans cette étude, nous avons eu la certitude qu'au moins l'un des sites suivis a été sous une pression de chasse intense. Lac Tonga, malgré son statut, est un site privilégié par les chasseurs non seulement à cause de sa grande richesse en oiseaux d'eau mais aussi par sa situation géographique, peu surveillée par les autorités. Des habitants locaux amateurs des anatidés nous ont affirmé que parfois 'Boumendjel' (l'ibis falcinelle) est chassé simplement parce que la proie préférée devient rare ou difficile à accéder. Ces mêmes personnes nous ont donné trois bagues Algériennes provenant d'ibis abattus. Par conséquent, le facteur cynégétique doit être pris en considération comme l'une des causes du faible taux de reprise dans la Numidie.

Robinson et *al.*, (2009) ont fait une bonne synthèse sur les facteurs qui peuvent influencer les taux de reprise calculés pour plusieurs espèces baguées en Angleterre et en Irlande sur une grande période d'étude (presque 40 ans). Le facteur le plus important n'est pas associé à l'écologie de l'espèce mais plutôt au changement du comportement des lecteurs de bagues. Il est impossible de distinguer si les déclinés du taux de reprise sont le résultat de moins d'oiseaux étant trouvés ou moins de bagues étant reportées, ou la combinaison des deux. Le fait est que des moyens de communication alternatifs peuvent accroître le nombre d'oiseaux reporté suggèrent que ce n'est pas simplement les observateurs qui n'ont pas trouvé d'oiseaux mais que ces derniers ont tendance à craindre les maladies, telle que la grippe aviaire si jamais ils trouvent des individus bagués morts.

Ce qui nous a semblé plausible pour cette espèce c'est sa tendance à montrer une croissance exponentielle durant ces dernières années (Samraoui et *al.*, 2009). Sachant que la compétition pour les sites de reproduction et d'alimentation est positivement corrélée à la densité de population, et même que la fécondité moyenne des oiseaux peut être réduite localement (Martin, 1987; Doligez et *al.*, 2004; Newton, 2004; Mallord et *al.*, 2007), donc on peut supposer que l'accroissement du nombre d'individus d'ibis falcinelle peut être accompagné par une augmentation de dispersion (Myers & Krebs, 1971; Doligez et *al.*, 2004), ce qui réduit probablement les chances de reprise des bagues d'une année à une autre.

6.2.7. Voies de migration (Flyways) :

6.2.7.1. Emigration :

Nous avons enregistré des individus qui ont hiverné au Maroc et au Portugal. On peut supposer que ces derniers se font sur la même voie migratoire mais les individus qui hivernent au Portugal doivent traverser Gibraltar. De plus, nous avons aussi eu la preuve qu'un individu a été présent à lac El Goléa en Octobre 2010 présentant une voie migratoire Sud-Ouest. Il se peut que l'individu enregistré à lac El Goléa en Octobre 2010 n'a pas hiverné mais juste fait un stop-over pour continuer vers l'Ouest du continent. Schogolev (1996) a présenté la même voie pour des individus d'ibis falcinelle bagués en Ukraine et traversant le Sahara pour hiverner en Afrique de l'Ouest.

6.2.7.2. Immigration :

Nous avons eu la confirmation que des individus Italiens et Espagnols viennent en Numidie pour hiverner et/ou se reproduire. La voie de migration la plus probable pour les individus Espagnols est se fait à travers Gibraltar, alors que celle des Italiens se fait soit par la Sardaigne, la Sicile, ou par les deux. Le manque de donnée concernant des ibis passant par la Tunisie rend la voie de migration à travers la Sicile moins probable. Celle de la Sardaigne a déjà été présentée par Schogolev (1996).

6.2.8. Structure d'âge :

6.2.8.1. En saison de reproduction :

La plus grande longévité de l'ibis falcinelle a été enregistrée par Rydzewski (1973) qui a fait une reprise de bague d'un individu âgé de près de 20 ans. Durant la saison de reproduction de 2010, nous avons observé au lac Fetzara un individu âgé de plus de 9 ans. Ce dernier est né en Espagne à Doñana en 2001. Un autre ibis de la même origine, âgé de 7 ans, a aussi été observé durant la même saison et au même site. La plupart étaient des individus dont l'âge était compris entre 1 et 2 ans. Puisque le baguage de l'espèce au niveau de notre pays n'a commencé qu'en 2008, les données disponibles sont insuffisantes pour avoir une bonne idée sur la distribution d'âge des ibis nés en Algérie.

6.2.8.2. En saison d'hivernage:

Le plus grand nombre d'individus hivernant en Numidie avait un âge inférieur à un an. Les autres âges (1, 2 et 3 ans) avaient une très faible proportion par rapport à la première

classe d'âge. Ceci suggère que l'émigration et la mortalité ont été assez importantes pour produire cette tendance. Schogolev (1996) a trouvé des résultats similaires avec 63% des individus hivernant ayant un âge entre 1 et 6 mois.

Conclusion

Durant la période d'étude (2008-2011), des reprises de bagues de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) ont été entreprises en période de reproduction et d'hivernage dans les zones humides Nord-est Algériennes (Numidie). L'espèce qui avait généralement une tendance à changer les sites de reproduction d'une année à une autre a été baguée depuis 2008 au niveau de quatre sites (Lac Tonga, Lac Fetzara, Chatt et Dakhla). Le nombre de poussins bagués au Lac Fetzara représentait la proportion la plus importante de tout l'échantillon, suivi par Chatt, Dakhla et enfin Lac Tonga. Les reprises de bagues ont servi à étudier la dispersion de l'espèce après avoir créé et analysé la base de données Algérienne de l'ibis falcinelle. Cette étude représente une première au niveau du Nord d'Afrique ou même du bassin méditerranéen.

Un constat clair pour notre population hivernante ou reproductrice est que cette dernière est constituée principalement d'individus nés en Algérie, mais aussi d'autres d'origine Espagnole et Italienne. Concernant la dispersion natale, certains individus Algériens ont plus ou moins montré une philopatrie aux sites de reproduction en retournant au même site ou à un autre site plus proche de celui de la naissance lors de la saison de reproduction. La plupart ont montré une tendance à se disperser à l'Est vers Lac Fetzara qui est doté d'une vaste roselière représentant le site de reproduction type pour l'espèce. De plus, aucun individu bagué en Algérie n'a été observé à l'extérieur du pays lors de la saison de reproduction. La distance de dispersion natale n'a jamais excédé les 45 km, bien que les individus étrangers se soient reproduits en Numidie présentant des distances de plus de 800 km pour l'individu Italien et plus de 1300 km pour l'individu Espagnol.

Par ailleurs, deux individus nés en Algérie ont été notés à l'extérieur du pays en dehors de la saison de reproduction. Un ibis a été enregistré au Maroc (> 1000 km) et un autre au Portugal (> 1400 km) en Février mettant en avance l'hypothèse que l'une des voies probables (Nord-ouest) de migration automnale est à travers Gibraltar. L'observation d'un autre individu au lac El Goléa (> 800 km) en Octobre a révélé une autre direction (Sud), notant bien que l'individu pourrait l'avoir utilisé comme stop-over pour traverser le Sahara vers les zones humides de l'ouest d'Afrique ; ce qui constitue des sites d'hivernage déjà connus dans la littérature sur l'ibis falcinelle. Enfin, la majorité des individus nés ou qui se sont reproduits en Numidie ont passé aussi l'hiver dans des zones humides assez proches, en se dirigeant généralement vers l'Est de la Numidie (Lac Tonga) très riche en prairies humides essentielles pour l'alimentation de l'espèce.

La dispersion printanière des ibis falcinelles hivernant en Numidie s'est effectuée de l'Est vers le Nord-ouest. Une philopatrie bien marquée aux sites d'hivernage a été observée pour certains individus Algériens, Espagnols et Italiens. Un individu Italien est devenu résidant en Numidie suggérant que les zones humides de cette dernière ont une productivité exceptionnelle suffisante pour maintenir une communauté d'oiseaux en période d'hivernage et de reproduction.

Durant les trois années d'étude, le taux de recapture a été assez faible. Une grande tendance de dispersion pourrait être une explication, mais nous pensons fermement qu'une forte mortalité due à la chasse avait eu aussi un impact considérable sur la perte d'individus bagués.

Le suivi de la population d'ibis falcinelle, réalisé par l'équipe de Laboratoire de Recherche de Zones Humides ces dernières années en Numidie, a montré que le nombre d'individus a augmenté d'une année à une autre. Le fait que des ibis falcinelles d'origine sud Européenne se reproduisent régulièrement en Numidie et qu'aucun individu Algérien n'a été observé reproducteur en dehors du pays nous ramène à l'hypothèse qu'il ya une forte probabilité que la population d'ibis falcinelle de la Numidie sert de puits (sink) à la métapopulation ouest-méditerranéenne, et que d'autres plus grandes Sud Européennes servent de source.

Enfin, le devenir de l'espèce dépendra de l'organisation du réseau international ouest-méditerranéen, essentiel pour la création d'une base de données commune et de l'effort entrepris dans le baguage, le suivi des colonies et les reprises de bagues dans les sites de reproduction et d'hivernage pour l'élaboration de modèles statistiques qui serviront à comprendre la dynamique des populations, et à bien gérer et conserver l'espèce. Nous espérons que nos efforts vont être poursuivis par d'autres travaux qui serviront à élargir notre base de données.

Perspectives

L'échantillon de l'ibis falcinelle qui a été bagué en Numidie jusqu'à maintenant reste relativement petit pour réunir un nombre considérable d'informations concernant la dispersion des ibis falcinelles nés en Numidie. Cette population fait partie de la métapopulation ouest-méditerranéenne et le moyen le plus convenable pour cerner les liens entre les différentes populations est d'augmenter les lectures de bagues dans les différentes régions et de créer un réseau international doté d'une base de donnée accessible aux chercheurs.

Une stratégie de suivi et de gestion des populations d'ibis falcinelle au Nord-est d'Algérie doit être établie pour avoir des données fiables et exploitables dans le domaine de la prédiction du devenir de ces populations. Cette stratégie qui a été initiée par le programme de baguage débuté en 2008 (Samraoui et *al.* 2009) doit être accompagnée d'une gestion à long terme. De plus, une modélisation de la dynamique des populations incluant l'effet des prélèvements induits par la chasse sera un outil utile pour la conservation de l'espèce. En effet les informations fournies par Bouchecker (2009) relatives à la biologie de la reproduction nous ont donné une bonne image sur la fertilité de l'espèce en Numidie, ce qui constitue une des composantes clés de la dynamique des populations. Des données sur la survie nous seront fournies par les lectures de bague qui doivent continuer dans les années à venir (Par exemple, pour pouvoir tirer des conclusions sur les interactions entre les différentes colonies, il sera nécessaire de combiner des comptages de nids et une modélisation des captures-recaptures permettant de calculer les taux d'échange entre elles).

Résumé

Résumé

La dispersion de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) a été étudiée pendant 3 ans (2008-2011) en Numidie (Nord-est d'Algérie) grâce à l'analyse de la base de données Algérienne incluant baguages et reprises de bagues. La population hivernante et reproductrice se constituait principalement d'individus d'origine Algérienne mais aussi Espagnole et Italienne. Ceci a révélé que l'espèce est migratrice de longue distance. En effet, la dispersion natale des individus nés en Algérie a été plus ou moins locale n'excédant pas les 55 km, mais lorsque tous les individus ont été inclus, elle a montré une distance moyenne de 484.25 ± 640.23 km et un maximum de 1386 km dont l'orientation moyenne a été vers le Sud-ouest. La dispersion automnale des individus Algériens a montré qu'une petite proportion d'individus a effectué une migration de longue distance vers le Sud pour gagner le centre du pays et vers le Nord-ouest pour aller au Maroc et au Portugal. Le reste a préféré effectuer des déplacements locaux, principalement à l'Est pour hiverner au Lac Tonga ou à Sidi Kaci. La dispersion printanière a été représentée par des mouvements contraires à ceux effectués en automne en passant de l'Est vers l'Ouest pour généralement passer la saison de reproduction au lac Fetzara. La philopatrie aux sites de reproduction et d'hivernage a été enregistrée pour certains individus. En plus, un cas d'individu, né en Italie, est resté en Numidie en tant que résident durant les trois années d'étude. Des cartes de chaque dispersion (natale, automnale et printanière) sont présentées. Le rôle de la population d'ibis falcinelle de la Numidie dans la métapopulation ouest-méditerranéenne a été discuté.

Mots clé : Dispersion, Numidie, Cartographie, Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*), Base de données, Métapopulation.

Abstract

The dispersal of the Glossy ibis (*Plegadis falcinellus*) has been studied for a period of 3 years (2008-2011) in Numidia (Northeast Algeria) using the analysis of the Algerian data base including banding and band recoveries. The wintering and breeding population is mainly constituted of Algerian individuals, but also Spanish and Italians ones. This has revealed that the species is a long migrant bird. In fact, the natal dispersal of individuals of Algerian origin was usually local and it did not exceed 55 km, but when all individuals were included, it showed an average distance of 484.25 ± 640.23 km and a maximum of 1386 km with an average orientation towards Southwest. The autumnal dispersal of Algerian individuals showed that a small proportion carried out a long migration towards the South to reach the center of the country, and towards Northeast to finally end up in Morocco and Portugal. Most of the individuals chose to disperse locally to the East in order to winter at Lac Tonga or Sidi Kaci. In contrast, spring dispersal was represented by West movements to mainly spend the breeding season at lac Fetzara. There was some case of philopatry to both wintering and breeding season. In addition, an Italian individual stayed to Numidia as a resident during the 3 years of study. Maps illustrating each dispersal (natal, autumnal, and spring) are thus presented. The role of the Numidian Glossy ibis population in the West Mediterranean metapopulation is discussed.

Key words: Dispersal, Numidia, Cartography, Glossy ibis (*Plegadis falcinellus*), Database, metapopulation.

ملخص

لقد تمت دراسة إنتشار أبو منجل اللامع *Plegadis falcinellus* لمدة 3 سنوات (2008-2011) في نوميديا (شمال شرق الجزائر) عن طريق تحليل قاعدة بيانات الجزائر بما في ذلك وضع الخواتم و قراءتها. تألفت الجماعة الحية المتوالدة والمشتية أساسا من أفراد ذات الأصل الجزائري، ولكن أيضا إسباني وإيطالي. وقد تبين أن هذا النوع من الطيور يهاجر مسافات طويلة. في الواقع، كان انتشار المولودين من المجموعة الحيوية المولودة في الجزائر محلي لا يتجاوز 55 كم، ولكن عندما تم تضمين جميع الأفراد من كل أصل، فإن المسافة المتوسطة كانت 484.25 ± 640.23 كم، مع 1386 كم كأقصى حد وتوجه متوسط جنوب غربي. الانتشار الخريفي للأفراد الجزائريين أظهرت أن نسبة صغيرة فقط هاجرت مسافة طويلة إلى الجنوب للوصول إلى وسط الوطن و إلى الغرب والشمال الغربي للذهاب إلى المغرب والبرتغال. فيما يخص البقية، فضلت السفر المحلي بشكل رئيسي إلى الشرق في فصل الشتاء في بحيرة تونغا أو سيدي قاسي. الانتشار الربيعي يتمثل في حركات عكسية لتلك التي وجدت في الخريف من الشرق إلى الغرب عموما لكي يقضي الطير موسم التكاثر في بحيرة فزارة. الوفاء لمناطق التكاثر و التنشئة من عام إلى آخر لحضت لبعض الأفراد. بالإضافة، تم ملاحظة فرد ولد في ايطاليا كمقيم في نوميديا لمدة ثلاث سنوات. أعرضت خرائط لكل انتشار (الولادة، الخريف و الربيع). نوقش دور العشيرة لأبو منجل اللامع النوميدي في *metapopulation* لغرب البحر الأبيض المتوسط.

كلمات المفتاحية: إنتشار، نوميديا، خرائطية، لأبو منجل، قاعدة بيانات، *noitalupopatém*

Références

Références bibliographiques

- Ali, S. 1969. Birds of Kerala. Oxford, Oxford Univ. Press.
- Artois, M., Bicol, D., Doctrinal, D., Fouchier, R., Gavier-Widen, D., Globig, A., Hagemeyer, W., Mundkur, T., Munster, V. & Olsen, B. 2009. Outbreaks of highly pathogenic avian influenza in Europe: the risks associated with wild birds. *Revue scientifique et technique de l'Office International des Épizooties* 28, 69–92.
- Atkinson, P.W., Choquet, R., Frederiksen, M., Gillings, S., Pradel, R. & Rehfisch, M.M. 2001. Towards developing thresholds for waterbirds that take into account turnover. Research Report 463. BTO, Thetford.
- Atkinson, P.W., Robinson, R.A., Clark, J.A., Miyar, T., Downie, I.S., du Feu, C.R., Fiedler, W., Fransson, T., Grantham, M.J., Gschweng, M., Spina, F. & Crick, H.Q.P. 2007. Migratory movements of waterfowl: a web-based mapping tool. EURING report to the EU Commission. <http://blx1.bto.org/ai-eu>
- Baillie, J. E. M., Hilton-Taylor C., & Stuart S. N. 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Baillie, S.R., Robinson, R.A., Clark, J.A. & Redfern, C.P.F. 2009. From individuals to flyways: the future of marking birds for conservation. *Ringing & Migration* 24, 155–161.
- Bairlein, F. 1985. Body weights and fat deposition of Palearctic passerine migrants in the Central Sahara. *Oecologia* 66: 141-146.
- Bakken, V., Runde, O. & Tjørve, E. 2003. *Norsk Ringmerkings Atlas*. Volume 1. Stavanger Museum, Stavanger. Bakken, V., Runde, O. & Tjørve, E. 2006. *Norsk Ringmerkings Atlas*. Volume 2. Stavanger Museum, Stavanger.
- Balbontin, J. 2005. Identifying suitable habitat for dispersal in Bonelli's eagle: An important issue in halting its decline in Europe. *Biological Conservation* 126:74-83.
- Bauer, K. M., & Glutz Von Blotzheim U. 1966. *Handbuch der Vogel Mitteleuropas*, vol. 1. Frankfurt am Main, Akademische Verlagsgesellschaft.
- Baynard, O. E. 1913. Home life of the Glossy Ibis *Plegadis autumnolis* Linn.). *Wilson Bull.* 20: 103-117.
- Beier, P. 1993. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. *Conservation Biology* 7:94-108.

- Beissinger, S. R. & Westphal M. I. 1998. On the use of demographic models of population viability in endangered species management. *Journal of Wildlife Management* 62:821-841.
- Biebach, H., Friedrich, W. & Heine, G. 1986. Interaction of bodymass, fat, foraging, and stopover period in trans-Saharan migrating passerine birds. *Oecologia* 69: 370-379.
- Bønløkke, J., Madsen, J.J., Thorup, K., Pedersen, K.T., Bjerrum, M. & Rahbek, C. 2006. *Dansk Trækfugleatlas*. Rhodos and Zoologisk Museum, Humlebæk.
- Boorman, S.A., & Levitt, P.R. 1973. Group selection on the boundary of a stable population. *Theor. Popul. Biol.* 4, 85-128.
- Boucheker, A. 2010. Écologie de l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* en Numidie (Nord-est Algérien). Thèse de Doctorat, université Badji Mokhtar, Annaba.
- Boucheker, A., Nedjah, R., Samraoui, F., Menaï, R. & Samraoui, B. 2009. Aspects of the Breeding Ecology and Conservation of the Glossy Ibis in Algeria. *Waterbirds* 32(2): 345-351.
- Brown J.H., Kodric-Brown A. 1977. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology* 58:445-449.
- Bulmer, M.G., & Taylor, P.D. 1981. Worker-queen conflict and sex-ratio theory in social hymenoptera. *Heredity* 47, 197-207.
- Burger J. & Miller L. M. 1977. Colony and Nest Site Selection in White-Faced and Glossy Ibises. *The Auk*, Vol. 94, No. 4 - 664-676.
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. 1998. *Principals of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Cherry, J. D. 1982. Fat deposition and length of stopover of migrant white-crowned sparrows. *Auk* 99: 725-732.
- Choquet, R. & Pradel, R. 2007. *SODA 2.0 User's Manual*. CEFU UMR, Montpellier.
- Cohen, D., & Eshel, I. 1976. On the founder effect and the evolution of altruistic traits. *Theor. Popul. Biol.* 10, 276-302.
- Coiffait, L., Redfern, C.P.F., Bevan, R.M., Newton, J. & Wolff, K. 2009. The use of intrinsic markers to study bird migration. *Ringing & Migration* 24, 169-174.
- CRAMP S. & PERRINS C.M. 1994. *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. VIII. Oxford University Press.
- Custer, T.W. & Osborn R.G. 1978. Feeding habitat use by colonially-breeding herons, egret, and ibis in North Carolina. *Auk* 95:733-743.

- D.G.F. 2003. Direction générale des forêts. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (Lac de Fetzara, Wilaya d'Annaba).
- Davidson, N.C. & Stroud, D.A. 2006. African–Western Eurasian Flyways: current knowledge, population status and future challenges. In *Waterbirds around the world*, eds Boere, G.C., Galbraith, C.A. & Stroud, D.A., pp 63–73. The Stationery Office, Edinburgh.
- Davis, T. H. 1966. Breeding bird census #73-heron colony. *Audubon Field Notes* 10: 662-664. 1967.
- Davis, W.E. & Kricher J. 2000. Glossy Ibis. In (A. Poole & F. Gill, Eds.). *The Birds of North America*, No. 545. The Birds of North America, Inc. Philadelphia, PA. 20 pp.
- de Jong, G. 1979. The influence of the distribution of juveniles over patches of food on the dynamics of a population. *Netherlands J. Zool.* 29, 33-51.
- Delany, S., Scott, D.A., Dodman, T. & Stroud, D.A. 2009. *An atlas of wader populations in Africa and western Eurasia*. Wetlands International, Wageningen.
- Dement'ev, G. P., & Gladkov N. A. 1951. *Ptitsy Swvetskogo Soyuz*, vol. 2. Jerusalem, Israel Program for Sci. Transl.
- DeSanto, T.L., Johnson J.W., & Bildstein K.L. 1997. Wetland feeding site use by White Ibis (*Eudocimus albus*) breeding in coastal South Carolina. *Colonial Waterbirds* 20:167-176.
- Doligez, B., Danchin, E., & Clobert, J. 2002. Public information and breeding habitat selection in a wild bird population. *Science* 297: 1168-1170.
- Donovan, T.M., Lamberson, R.H., Kimber, A., Thompson, E.R. & Faaborg, J. 1995. Modeling the effects of habitat fragmentation on source-sink demography of Neotropical migrant birds. *Conserv. Biol.* 9, 1396-1407.
- Dooley, J.L. & Bowers, M.A. 1998. Demographic responses to habitat fragmentation: Experimental tests at the landscape and patch scale. *Ecology* 78, 2064-2075.
- Doude van Troostwijk, W.J. 1974. Ringing data on White-fronted Geese *Anser a. albifrons* in the Netherlands, 1953–1968. *Ardea* 62, 98–110.
- Dunning, J. B., Danielson B. J. & Pulliam H. R. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 651 : 169–175.
- Dunning, J.B., Stewart, D.J., Danielson, B.J., Noon, B.R., Root, T.L., Lamberson, R.H., & Stevens, E.E. 1995. Spatially explicit population models: Current forms and future uses. *Ecol. Appl.* 5, 3-11.

- Duong, T. 2007. ks: kernel density estimation and kernel discriminant analysis for multivariate data in R. *Journal of Statistical Software* 21 7.
- Ehrlich, P. R., & Dennis D. Murphy. 1987. Conservation Lessons from Long-Term Studies of Checkerspot Butterflies. *Conservation Biology* 1: 122-131.
- Epperson, B.K. 1993a. Recent advances in correlation studies of spatial patterns of genetic variation. *Evol. Biol.* 27, 95-155.
- Epperson, B.K. 1995. Spatial distributions of genotypes under isolation by distance. *Genetics* 140, 1431-1440.
- Epperson, B.K., & Allard, R.W. 1989. Spatial auto-correlation analysis of the distribution of genotypes within populations of Lodgepole Pine. *Genetics* 121, 369-377.
- Felsenstein, J. 1975. A pain in the torus: Some difficulties with models of isolation by distance. *Am. Nat.* 109, 359-368.
- Fiedler, W. 2009 New technologies for monitoring bird migration and behaviour. *Ringling & Migration* 24, 175–179.
- Fisher, N.I. 1996 *Statistical Analysis of Circular Data*. Second edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fransson, T. & Hall-Karlsson, S. 2008. *Svensk ringmärkningsatlas* Volume 3. Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm.
- Fransson, T. & Pettersson, J. 2001. *Svensk ringmärkningsatlas*. Volume 1. Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm.
- Fransson, T., Österblom, H. & Hall-Karlsson, S. 2008. *Svensk ringmärkningsatlas*. Volume 2. Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm.
- Frederiksen, M., Fox, A.D., Madsen, J. & Colhoun, K. 2001. Estimating the total number of birds using a staging site. *Journal of Wildlife Management* 65, 282–289.
- Freemark K.E., Dunning J.B., Hejl S.J., Probst J.R. 1995. A landscape ecology perspective for research, conservation and management. In: Martin TE, Finch DM eds *Ecology and management of neotropical migratory birds*. Oxford University Press, Oxford, NewYork, pp 381–427.
- Gavin T.A. & Bollinger E.K. 1988. Reproductive correlates of breeding-site fidelity in Bobolinks *Dolichonyx oryzivorus*. *Ecology* 69:96–103.
- Gillings, S., Atkinson, P.W., Baker, A.J., Bennett, K.A., Clark, N.A., Cole, K.B., González, P.M., Kalasz, K.S., Minton, C.D.T., Niles, L.J., Porter, R.C., De Lima

- Serrano, I., Sitters, H.P. & Woods, J.L. 2009. Staging behavior in Red Knot *Calidris canutus* in Delaware Bay: implications for monitoring mass and population size. *Auk* 126, 54–63.
- Gowaty P.A. & Plissner J.H. 1997. Breeding dispersal of eastern bluebirds depends on nesting success but not on removal of old nests: an experimental study. *J Field Ornithol* 68:323–330.
 - Greenwood, P.J. 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Anim Behav* 28:1140–1162.
 - Gudmundsson, G.A. & Alerstam, T. 1998. Optimal map projections for analyzing long-distance migration routes. *Journal of Avian Biology* 29, 597–605.
 - Guillemain, M., Sadoul, N. & Simon, G. 2005. European flyway permeability and abmigration in Teal *Anas crecca*, based on ringing recoveries. *Ibis* 147, 688–696.
 - Haas, C.A. 1997. What characteristics of shelterbelts are important to breeding success and return rate of birds? *Am Midland Nat* 137:225–238
 - Haas, C.A. 1998. Effects of prior nestling success on site fidelity and breeding dispersal: an experimental approach. *Auk* 115:929–936
 - Hancock, J. A., Kushlan, J. A. & Kahl, M. P. (1992) *Storks, ibises and spoonbills of the world*. London: Academic Press.
 - Hanski, I. 1981. Coexistence of competitors in patchy environment with and without predation. *Oikos* 37, 306-312.
 - Hanski, I. 1990a. Dung and carrion insects. In "Living in a Patchy Environment" B. Shorrocks & I. Swingland, eds., pp. 127-145. Oxford Univ. Press, Oxford.
 - Hanski, I. 2001. Population dynamic consequences of dispersal in local populations and in metapopulations. Pages 283-298 in J. Clobert, E. Danchin, A. A. Dhondt, & J. D. Nichols editors. *Dispersal*. Oxford University Press, New York, USA.
 - Hanski, I., & Gaggiotti, O. E. 2004. *Ecology, genetics and evolution of metapopulations*. 696p. Elsevier-Academic Press, San Diego.
 - Hansson, L. 1991. Dispersal and connectivity in metapopulations. *Biol. J. Linn. Soc.* 42, 89-103.
 - Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.
 - Harrison, S., & Taylor, A. 1997. Migration within metapopulations: The impact upon local population dynamics. In "Metapopulation Biology: Ecology, Genetics and Evolution" I. Hanski & M.E. Gilpin, eds., pp. 27-42. Academic Press, San Diego.

- Hassell, M.P. 1978. *The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems*. Princeton Univ. Press, Princeton.
- Hassell, M.P. 2000. Host-parasitoid dynamics. *J. Anim. Ecol.* 69, 543-566.
- Hastie, T. & Tibshirani, R. 1990. *Generalized additive models*. Chapman & Hall, London.
- Hesterberg, U.W., Harris, K., Stroud, D.A., Guberti, V., Busani, L., Pittman, M., Piazza, V., Cook, A. & Brown, I.H. 2009. Avian Influenza surveillance in wild birds in the European Union in 2006. *Influenza and Other Respiratory Viruses* 3, 1–14. doi:10.1111/j.1750-2659.2008.00058.x
- Hofer, J., Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Kestenholz, M. & Jenni, L. 2006. Herkunft und Zugverhalten von in der Schweiz überwinterten oder durchziehenden Tafelenten *Aythya ferina*. *Ornithologische Beobachter* 103, 65–86.
- Holdgate, M. 1999. *The Green Web: a Union for world conservation*. EarthScan, London.
- Imboden, C. 1974. Zug, Fremdansiedlung und Brutperiode des Kiebitz *Vanellus vanellus* in Europe. *Ornithologische Beobachter* 71, 5–134.
- Isakov, Y.A. 1970. Proceedings of the International Regional Meeting on Conservation of Wildfowl Resources, Leningrad, USSR, 25–30 September 1968. Sovetskaya Nauka, Moscow.
- IUCN, 2010. 2010 IUCN Red List of Threatened Species. <<http://www.iucnredlist.org>>.
- Jespersen, P. & Tåning, A.V. 1950. *Studies in bird migration, being the collected papers of H.Chr.C. Mortensen*. Munksgaard, Copenhagen.
- King, A.W., & With, K.A. 2002. Dispersal success on spatially structured landscapes: When do spatial pattern and dispersal behavior really matter? *Ecol. Model.* 147, 23-39.
- Koepcke, M. 1954. Corte ecologico trasversal on los Andes del Peru central con especial consideracion do las aves. 1. Costa, vertientes occidentales y region altoandina. Mem. Mus. de Hist. Nat. "Javier Prado" no. 3.
- Korner-Nievergelt F., Sauter A., Atkinson P. W., Jérôme Guélat J., Kania W., Marc Kéry M., Köppen U., Robinson R.A., Schaub M., Thorup K., Van Der Jeugd H., Van Noordwijk A.J. 2010. Improving the analysis of movement data from marked individuals through explicit estimation of observer heterogeneity. *Journal of Avian Biology*. Volume 41, Issue 1, 8–17.

- Lande, R. & Barrowclough, G.F. 1987. Effective population size, genetic variation and their use in population management. In: Soulé M eds Viable population s for conservation. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 87–123.
- Levins, R. 1970. Extinction. *Lect. Notes Math.* 2, 75-107.
- Lokki, H. & Saurola, P. 1987. Bootstrap methods for two-sample location and scatter problems. *Acta Ornithologica* 23, 133–147.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. & Rhind, D.W. 2005. Geographic Information Systems and Science. Second Edition. New York: Wiley.
- Loria, D. E. & Moore, F. R. 1990. Energy demands of migration on red-eyed vireos, *Vireo olivaceus*. *Behav. Ecol.* 1: 24-35.
- Macías M., Green A. J. & Sanchez M. I. 2004. The Diet of the Glossy Ibis During the Breeding Season in Dofiana, Southwest Spain. *Waterbirds* 27(2): 234-239.
- Malecot, G. 1948. Les mathématiques de l'hérédité. Masson, Paris.
- Maynard Smith, J. 1964. Group selection and kin selection. *Nature* 201, 1145-1147.
- McLachlan, G. M. & Liversidge, R. 1969. Roberts Birds of South Africa. Cape Town, Cape and Transvalla Printers, Ltd.
- Meijer, J. 1974. A comparative study of the immigration of carabids Coleoptera: Carabidae into a new polder. *Oecologia* , 16 : 1 8-208.
- Middlemiss, E. 1955. Nest of Glossy Ibis at Rondevlei. *Ostrich* 26: 137.
- Mitteldorf, J. & Wilson, D.S. 2000. Population viscosity and the evolution of altruism. *J. Theor. Biol.* 204, 481-496.
- Mittermeier Russel, A., Brooks, T., Fonseca, F., & Brito, B. 2007. Hotspots et Régions Sauvages. in Jacquet, P., & Tubiana, L. 2008. Regards sur la terre. L'annuel du développement durable. Presses de Sciences Po « Annuels », p. 131-133.
- Mooij, W.M., Bennetts, R.E., Kitchens, W.M., & De Angelis, D.L. 2002. Exploring the effect of drought extent and interval on the Florida snail kite: Interplay between spatial and temporal scales. *Ecol. Model.* 149, 25-39.
- Moser, M. & Carrier, M. 1983. Patterns of population turnover in Ringed Plovers and Turnstones during their spring passage through the Solway Firth in 1983. *Wader Study Group Bulletin* 39, 37–41.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B. & Kent J.. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.

- Novaro, A. J., Funes, M. C. & Walker, R. S. 2005. An empirical test of source-sink dynamics induced by hunting. *Journal of Applied Ecology* 425 : 910–920.
- Olrog, C. C. 1959. *Las Aves Argentinas: una guía de campo*. Tucuman, Univ. Nacional de Tucuman.
- Oro, D. 2003. Managing seabird metapopulations in the Mediterranean: constraints and challenges. *Scientia Marina* 67:13-22.
- Palmer, R. S. 1962. *Handbook of North American birds*, vol. 1. New Haven, Yale Univ. Press.
- Pärt, T. 1991. Philopatry pays—a comparison between collared flycatcher sisters. *Am. Nat.* 138: 790-796.
- Pärt, T. 1994. Male philopatry confers a mating advantage in the migratory collared flycatcher, *Ficedula albicollis*. *Anim. Behav.* 48: 401-409.
- Paton P.W.C. & Edwards T.C. 1996. Factors affecting interannual movements of Snowy Plovers. *Auk* 113:534–543
- Perdeck, A.C. 1967. The Starling as a passage migrant in Holland. *Bird Study* 14, 129–152.
- Perdeck, A.C. 1977. The analysis of ringing data: pitfalls and prospects. *Die Vogelwarte* 29, 33–44.
- Perrins, C. M., Lebreton, J.-D. & Hiron G. J. M. 1991. *Bird Population Studies*. Oxford University Press, New York, USA.
- Pimm, S. L., Russell, G. J., Gittleman, J. L., & Brooks, T. M. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269:347-350.
- Post, P. W. 1962. Glossy Ibis breeding in New York. *Auk* 79: 120-121.
- Post, W., Enders, F. & Davis T. H. 1970. The breeding status of the Glossy Ibis in New York. *Kingbird* 20: 2-6.
- Primack, R. B. 1993. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Pulliam, H. R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist* 1325 : 652–661.
- Robinson, R.A., Grantham, M.J. & Clark, J.A. 2009. Declining rates of ring recovery in British birds. *Ringing & Migration* 24. In press.
- Robinson, S.K. 1985. Coloniality in the yellow-rumped Cacique as a defense against nest predators. *Auk* 102:506–519

- Rousset, E. 2000. Genetic differentiation between individuals. *J. Evol. Biol.* 13, 58-62.
- Ruckelshaus, M., Hartway, C., & Kareiva, P. 1997. Assessing the data requirements of spatially explicit dispersal models. *Conserv. Biol.* 11, 1298-1306.
- Samraoui, B. & Samraoui, F. 2008. An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58: 71-98.
- Samraoui, B., Bouchecker, A., Nedjah, R., Yousfi, J & Samraoui, F. 2009. First banding scheme of Glossy Ibis (*Plegadis falcinellus*) in Algeria. *Aves Ichnusae* 9 : 40 – 47.
- Schaub, M., Pradel, R., Jenni, L. & Lebreton, J.-D. 2001. Migrating birds stop over longer than usually thought: an improved capture–recapture analysis. *Ecology* 82, 852–859.
- Schmidt K.A. 2004. Site fidelity in temporally correlated environments enhances population persistence. *Ecol Lett* 73:176–184.
- Schüz, E. & Weigold, H. 1931. *Atlas des Vogelzugs*. R. Friedländer & Sohn, Berlin.
- Scott, D.A. & Rose, P.M. 1996. Atlas of Anatidae populations in Africa and Western Eurasia. Wetlands International Publication 41. Wageningen, the Netherlands.
- Smit, C.J. & Piersma, T. 1989. Numbers, midwinter distribution, and migration of wader populations using the East Atlantic Flyway. In Flyways and reserve networks for water birds eds Boyd, H. & Pirot, J.-Y., 24–63. IWRB Special Publication 9, Slimbridge.
- Smith, A. T. & Gilpin, M. 1997. Spatially correlated dynamics in a pika metapopulation. Pages 407–428 in I. Hanski & M. E. Gilpin, eds. *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. Academic Press, San Diego, Calif.
- Soulé, M. E. 1985. What is conservation biology. *Bioscience* 35:727-734.
- Soulé, M. E. 1991. Conservation - tactics for a constant crisis. *Science* 253:744-750.
- South, A. 1999. Dispersal in spatially explicit population models. *Conserv. Biol.* 13, 1039-1046.
- Stroud, D.A. 2005. Guidance on the definition of biogeographical populations of waterbirds. Information paper to the third Meeting of Parties of the African–Eurasian Waterbird Agreement, Dakar, Senegal. 20 pp.
- Thienemann, J. 1910. Der Zug des weißen Storches *Ciconia ciconia*. *Zoologische Jahrbücher* 12, 665–686.

- Thorup, K. & Conn, P.B. 2009. Estimating the seasonal distribution of migrant bird species: can standard ringing data be used? In *Modeling Demographic Processes in Marked Populations* eds Thomson, D.L., Cooch, E.G. & Conroy, M.J., pp 1107–1117. Springer, New York.
- Trocki C. L. & Paton P. W. C. 2006. Comparison of Two Foraging Habitats Used by Glossy Ibis during the Breeding Season in Rhode Island. *Northeastern Naturalist*, Vol. 13, No. 1 : 93-102
- Turchin, P. 1991. Translating foraging movements in heterogeneous environments into the spatial distribution of foragers. *Ecology* 72, 1253-1266.
- van Langevelde, F. 2000. Scale of habitat connectivity and colonization in fragmented nuthatch populations. *Ecography* 23, 614-622.
- von Lucanus, F. 1919. Zug und Wanderung der Vogel Europas nach den Ergebnissen des Ringversuchs. *Journal für Ornithologie* 67, 1–78.
- von Lucanus, F. 1922. Die Rätsel des Vogelzuges. H. Beyer & Söhne, Langensalza.
- Wernham, C.V., Toms, M.P., Marchant, J.H., Clark, J.A., Siriwardena, G.M. & Baillie, S.R. 2002. *The Migration Atlas: movements of the birds of Britain and Ireland*. T. & A.D. Poyser, London.
- Williams, B. K., Nichols, J. D. & Conroy, M. J. 2002. *Analysis and Management of Animal Populations: modeling, estimation, and decision making*. Academic Press, San Diego, USA
- Wilson, D.S. 1980. *The Natural Selection of Populations and Communities*. Benjamin/Cummings, Mento Park, CA.
- Wilson, D.S., Pollock, G.B., and Dugatkin, L.A. 1992. Can altruism evolve in purely viscous populations. *Evol. Ecol.* 6, 331-341.
- Wilson, E. O. 1989. Threats to biodiversity. *Scientific American* 261:60-66.
- With, K.A. 1997. The application of neutral landscape models in conservation biology. *Conserv. Biol.* 11, 1069-1080.
- With, K.A., & Crist, T.O. 1996. Translating across scales: Simulating species distributions as the aggregate response of individuals to heterogeneity. *Ecol. Model.* 93, 125-137.
- With, K.A., & King, A.W. 1999b. Extinction thresholds for species in fractal landscapes. *Conserv. Biol.* 13, 314-326.

- With, K.A., and King, A.W. 1999a. Dispersal success on fractal landscapes: A consequence of lacunarity thresholds. *Landsc. Ecol.* 14, 73-82.
- Wright, S. 1940. Breeding structure of populations in relation to speciation. *Am. Nat.* 74, 232-248.
- Wright, S. 1943. Isolation by distance. *Genetics* 28, 114-138.
- Wright, S. 1946. Isolation by distance under diverse systems of mating. *Genetics* 31, 39-59.
- Yong, W. & Moore, F. R. 1997. Spring stopover of intercontinental migratory thrushes along the northern coast of the Gulf of Mexico. *Auk* 114: 263-278.

Webographie

- [1] <http://www.oiseaux.net/oiseaux/ibis.falcinelle.html> (2011).
- [2] <http://www.biodiversityhotspots.org/> (2011).
- [3] <http://blx1.bto.org/ai-eu/> (2010).
- [4] <http://citybirder.blogspot.com/2006/04/jamaica-bay-wildlife-refuge-early-this.html> (2011).
- [5] <http://www.purplepurple.com/life-science/birds/glossy-ibis.html> (2011).