



**ACROLA**

**ASSOCIATION CONNAISSANCE ET RECHERCHE ORNITHOLOGIQUE  
LOIRE ET ATLANTIQUE**

La Jannais des Douets  
44360 Cordemais

**Valorisation scientifique de  
la base de données du camp de baguage  
de Donges-Est  
« la Tourelle à moutons »  
pour les années 2003-2007**



*Aggeliki Doxa  
Romain Lorrillière  
Hubert Dugué*

**PORT**   
**ATLANTIQUE**  
Nantes Saint-Nazaire

## Sommaire

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>2</b>
<b>TABLES DES FIGURES.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLES DES TABLEAUX.....</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>6</b>
<b>2 MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>8</b>
2.1 QUELQUES NOTIONS THEORIQUES.....	8
2.1.1 Bagueage.....	8
2.1.2 Contrôle.....	8
2.1.3 Reprise.....	8
2.1.4 Migration.....	8
2.1.5 Halte migratoire.....	9
2.1.6 Espèce.....	9
2.1.7 Population.....	9
2.1.8 Communauté.....	9
2.1.9 Espèce paludicole.....	9
2.1.10 Sex-ratio.....	9
2.1.11 Age-ratio.....	9
2.2 LE CAMP DE BAGUAGE.....	10
2.2.1 Protocole de bagueage.....	10
2.2.2 L'effort de capture.....	10
2.2.3 Les espèces capturées.....	12
2.2.4 Les espèces étudiées.....	13
2.3 METHODES D'ANALYSE.....	18
2.3.1 La base de données.....	18
2.3.2 Analyse descriptive de la base.....	20
2.3.3 Analyse par CMR.....	21
<b>3 RESULTATS.....</b>	<b>27</b>
3.1 STATISTIQUES DESCRIPTIVES.....	28
3.1.1 2003.....	28
3.1.2 2004.....	30
3.1.3 2005.....	32
3.1.4 2006.....	34
3.1.5 2007.....	36
3.1.6 Analyse globale.....	38
3.2 LA PHENOLOGIE DE MIGRATION.....	45
3.2.1 Evolution temporelle au sein de chaque annee (intranuelle).....	45
3.2.2 Evolution temporelle interannuelle.....	48
3.2.3 Le climat comme facteur explicatif.....	50
3.3 DUREE DU SEJOUR SUR LE SITE ET PROBABILITES DE CAPTURE.....	53
3.3.1 Durée du séjour.....	53
3.3.2 Probabilités de capture.....	55
3.4 DONGES UN SITE REMARQUABLE A L'ECHELLE NATIONALE ET INTERNATIONALE.....	58
<b>4 CONLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>62</b>
<b>5 BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>65</b>

## Tables des Figures

Figure 1: Situation géographique de la roselière de Donges Est en France (à gauche) et dans l'estuaire de la Loire (à droite).....	10
Figure 2 : Orthophotographie de la roselière de Donges-Est. La ligne de filet est représentée en jaune .....	10
Figure 3 : Aire de distribution du Phragmite des joncs en période de reproduction .....	14
Figure 4 : Tendances française (à gauche) et européenne (à droite) des populations de Phragmites des joncs .....	14
Figure 5 : Aire de distribution de la Rousserolle effarvate en période de reproduction.....	15
Figure 6 : Tendances française (à gauche) et européenne (à droite) des populations de Rousserolles effarvates .....	15
Figure 7 : Aire de distribution de la Gorgebleue à miroir .....	16
Figure 8 : Tendances française des populations de Gorgebleues à miroir .....	16
Figure 9 : Aire de distribution du Phragmite aquatique en période de reproduction .....	17
Figure 10 : Evolution du nombre de mâle chanteur des populations de Phragmites aquatiques.....	17
Figure 11 : Structure d'une table de la base de données .....	18
Figure 12 : Evolution de l'indice de l'oscillation Nord-Atlantique (NAO) de 1865 aux années 2000 (source: <a href="http://www.ifremer.fr">http://www.ifremer.fr</a> ) .....	19
Figure 13 : Exemple de série temporelle où un modèle temps dépendant est le plus pertinent. (Source : <a href="http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr_ecomm/ZooT_MN.html">http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr_ecomm/ZooT_MN.html</a> ).....	22
Figure 14 : Exemple de série temporelle où le modèle constant est le plus pertinent. (Source : <a href="http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr_ecomm/ZooT_MN.html">http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr_ecomm/ZooT_MN.html</a> ) .....	22
Figure 15 : Phénologie des captures de Phragmite des joncs en 2004. Nombre de captures par jour à gauche, et nombre de captures cumulées au cours de la saison à droite.....	25
Figure 16 : Phénologie classique et phénologie corrigé pour le Phragmite des joncs en 2004.....	26
Figure 17 : Proportion de capture en 2003 .....	28
Figure 18 : Proportion de capture en 2004 .....	30
Figure 19 : Proportion de capture en 2005 .....	32
Figure 20 : Proportion de capture en 2006 .....	34
Figure 21 : Proportion de capture en 2007 .....	36
Figure 22 : Proportion de capture de 2003 à 2007 .....	38
Figure 23: Proportion d'espèces paludicoles capturées de 2003 à 2007.....	40
Figure 24 : Nombres d'individus bagués de Phragmites des joncs (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).....	41
Figure 25 : Nombres d'individus bagués de Rousserolles effarvates (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).....	41
Figure 26 : Nombres d'individus bagués de Gorgebleues à miroir (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).....	42
Figure 27 : Nombres d'individus bagués de Phragmites aquatiques (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).....	42
Figure 28 : Evolution interannuelle de l'âge ratio au cours des années 2003 à 2009 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).....	43
Figure 29 : Evolution de l'âge-ratio au cours de la saison pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA) .....	44
Figure 30 : Phénologie corrigée en 2003 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate et la Gorgebleue à miroir (LUSSVE).....	45

Figure 31: Phénologie corrigée en 2004 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).	46
Figure 32: Phénologie corrigée en 2005 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).	46
Figure 33: Phénologie corrigée en 2006 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).	47
Figure 34: Phénologie corrigée en 2007 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate et la Gorgebleue à miroir (LUSSVE).	47
Figure 35 : Evolution de la distribution des captures de Phragmites des joncs pour les années 2003 à 2007.	48
Figure 36 : Evolution de la distribution des captures de Rousserolles effarvates pour les années 2003 à 2007.	49
Figure 37 : Evolution de la distribution des captures de Gorgebleue à miroir pour les années 2003 à 2007.	49
Figure 38 : Evolution de la distribution des captures de Phragmites aquatiques pour les années 2003 à 2007.	50
Figure 39 : Relation entre le NAO et les précipitations à Donges. A gauche précipitation et NAO d'un mois de juillet, à droite précipitation et NAO du mois d' Août.	51
Figure 40 : Phénologie et NAO, comparaison de la médiane de la phénologie et l'indice de la NAO pour les années 2003 à 2007, pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).	52
Figure 41 : Précipitations et NAO, comparaison de la médiane de la phénologie et les précipitations locales pour les années 2003 à 2007, pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).	52
Figure 42 : Durée de séjour pour les années 2003 à 2007, pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).	54
Figure 43 : Scenario du comportement de prise de poids au sein de la roselière de Donges.	56
Figure 44 : Phragmite des joncs (ACRSCH) : Estimations de probabilités de capture et de changement d'état d'adiposité.	57
Figure 45 : Rousserolle effarvate (ACRSCI) : Estimations de probabilités de capture et de changement d'état d'adiposité.	57
Figure 46: Emplacement des camps de baguage français qui suivent sur la façade atlantique la migration postnuptiale.	58
Figure 47 : Proportion nationale des phragmites des joncs capturés à Donges.	59
Figure 48 : Proportion nationale des rousserolles effarvates capturés à Donges	59
Figure 49 : Proportion nationale des gorgebleues à miroir capturés à Donges	60
Figure 50 : Proportion nationale des phragmites aquatiques capturés à Donges	60
Figure 51: Distribution européenne des oiseaux contrôlés hors du site de Donges	61

## Tables des Tableaux

Tableau 1 : Liste des espèces capturées, par ordre alphabétique des codes utilisés pour les graphiques. (jaune = espèces paludicoles).....	12
Tableau 2 : Exemple d'histoire de capture.....	21
Tableau 3 : Liste des modèles de CMR CJS testés.....	23
Tableau 4 : Liste des modèles de CMR de Pradel testés. ....	24
Tableau 5 : Bilan de capture pour les années 2003 à 2007 .....	27
Tableau 6 : Bilan de capture 2003 (jaune = espèces paludicoles) .....	29
Tableau 7 : Bilan de capture 2004 (jaune = espèce paludicole) .....	31
Tableau 8 : Bilan de capture 2005 (jaune = espèce paludicole) .....	33
Tableau 9 : Bilan de capture 2006 (jaune = espèce paludicole) .....	35
Tableau 10 : Bilan de capture 2007 (jaune = espèce paludicole) .....	37
Tableau 11 : Bilan de capture 2003-2007 (jaune = espèces paludicoles).....	39
Tableau 12 : Modèles testés et variation expliquée selon le facteur explicatif pour : a) les phragmites des joncs et b) les rousserolles effarvates. ....	55
Tableau 13: Nombre d'oiseaux échangé entre le camp de baguage à Donges et les différents pays en Europe et en Afrique.....	61

# 1 INTRODUCTION

L'estuaire de la Loire représente un ensemble de plus de 20 000 hectares de zones humides (5000 ha d'eau libre à marée haute; 2000 ha de vasières ; 700 ha de roselières, 15000 ha de prairies) accueillant une grande diversité d'espèces végétales et animales. L'estuaire accueille notamment plus de 230 espèces d'oiseaux ce qui lui a valu d'être classé en Zone de protection spéciale (ZPS).

Au sein de cette mosaïque de paysage, d'une grande valeur écologique et éco-systémique, Donges-Est apparaît comme un maillon clé de l'estuaire de la Loire. En effet, sur 750 ha nous retrouvons l'ensemble des habitats présentés ci-dessus, et notamment ceux qui ont le plus souffert du développement socio-économique de l'estuaire ligérien. C'est sur Donges-Est que la plus grande roselière de l'estuaire (200 ha) et l'une des vasières les plus riches (80 ha) se situent. En outre, l'éloignement du coteau, qui est lui-même peu fréquenté par l'homme fait de Donges-Est un site particulièrement calme.

C'est donc dans ce contexte écologique remarquable que le projet d'aménagement portuaire de Donges-Est s'est développé dans une perspective d'évolution et de diversification des activités du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire afin de répondre aux besoins logistiques et industriels de la région « Ouest ». Cependant le projet s'inscrivant dans une zone riche en biodiversité, a donné lieu à des concertations approfondies en matière environnementale dans un souci de développement durable de l'estuaire (MEDAAT, 2007). Aujourd'hui l'intérêt écologique du site est reconnu par l'étude d'impact du projet d'extension portuaire, au titre de la directive « Habitats » notamment pour l'avifaune. Ainsi, 112 espèces d'oiseaux fréquentent le site de Donges-Est, dont 18 sont répertoriées à l'annexe I de la directive « oiseaux ». Parmi les espèces présentes, 55 sont nicheuses, dont 5 figurant à l'annexe I de la directive « oiseaux », comme l'Echasse blanche, le Busard des roseaux et le Milan noir. Le site de Donges-Est apparaît fondamental pour des espèces d'importance européenne telles que la Gorgebleue. D'une manière plus générale cette zone représente un maillon essentiel pour l'avifaune de la Basse-Loire tant nicheuse, hivernante, que migratrice (Bretagne-Vivante *et al.*, 2002). Cet intérêt est par conséquent très varié et comprend le rôle de halte migratoire de la roselière de Donges-Est pour l'avifaune des grands migrateurs tels que les fauvelles paludicoles. Ces fauvelles paludicoles, pour les plus communes, le Phragmites des joncs (*Acrocephalus schoenicius*) et la Rousserole effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*) sont de petits oiseaux qui se reproduisent en Europe et passent l'hiver en Afrique sub-saharienne. Ceux-ci sont donc très dépendants des habitats dans lesquels ils pourront renouveler leur réserves énergétiques. Cependant ces habitats, les zones humides, sont en forte régression et soumettent ces oiseaux à des difficultés croissantes lors de leur migration. Parmi les fauvelles paludicoles qui utilisent la roselière de Donges-Est comme halte migratoire, le Phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*) est une espèce particulièrement menacée. Avec seulement 13 000 couples reproducteurs en 2007. Elle est considérée comme l'espèce continentale la plus menacée d'Europe (Flade, 2008). Cette espèce fait aujourd'hui l'objet d'un programme *life* ainsi qu'un programme national de restauration.

C'est dans ce contexte que depuis 5 ans (2003-2007) le camp de baguage de Donges-Est existe et que les équipes bénévoles de l'association ACROLA (Association pour la Connaissance et Recherche Ornithologique Loire et Atlantique) capturent et baguent les oiseaux dans la roselière de la « Tourelle à Moutons » lors de la migration postnuptiale en août. Le baguage reste à ce jour la technique la plus éprouvée pour assurer le suivi individuel sur un grand nombre d'individus et ainsi permettre de comprendre le fonctionnement des systèmes écologiques.

Les évolutions spatio-temporelle de la biodiversité sont aujourd'hui des phénomènes très suivis tant ils sont rapides et brutaux. Ces changements qui vont dans le sens de la perte de biodiversité (nous parlons aujourd'hui de la 6<sup>ème</sup> crise d'extinction majeure) sont la réponse à diverses sources de perturbation plus ou moins directement liées aux activités humaines : les changements dans l'affectation des sols (fragmentation de l'habitat par exemple), le changement climatique, les espèces envahissantes, la surexploitation et la pollution. Les phénomènes migratoires sont très influencés par le changement climatique (Miller-Rushing *et al.*, 2008, Jiguet *et al.*, 2007, Moller *et al.*, 2006, Rivalan *et al.*, 2007, Peron *et al.*, 2007) par notamment des décalages avérés dans la phénologie de passage. Ainsi, afin de pouvoir analyser les données de Donges-Est et comprendre les tendances observées sur ces 5 ans de baguage il nous faudra tant que faire se peut mettre en parallèle les données avec des variables exprimant le changement climatique actuel.

L'objectif de cette étude est donc de faire le bilan de ces 5 années de baguage par une analyse rigoureuse et pertinente des données. Dans cet esprit d'analyse nous avons développé deux approches complémentaires. La première est une approche descriptive des données permettant de travailler sur les nombres de captures ainsi que sur les âge-ratios. La deuxième est une approche probabiliste des données par le biais des analyses en Capture-Marquage-Recapture. Cette seconde approche nous permet de travailler sur les probabilités de capture et les probabilités de stationnement et donc d'estimer le temps ou les oiseaux restent dans la roselière. Pour finir nous replacerons Donges dans un contexte national et Européen.

## **2 MATERIELS ET METHODES**

### **2.1 QUELQUES NOTIONS THEORIQUES**

#### **2.1.1 BAGUAGE**

C'est la pose d'une bague métallique sur un oiseau. Pour l'individu (i.e. l'oiseau) cette opération est unique. C'est-à-dire que pour les études statistiques que nous proposons ci-dessous, selon l'hypothèse qu'un oiseau ne perd pas sa bague, il ne peut être bagué qu'une seule fois.

#### **2.1.2 CONTROLE**

Un contrôle correspond à une donnée supplémentaire pour un oiseau déjà bagué. Ce type de données est nécessaire pour obtenir des informations biologiques importantes concernant les espèces, comme par exemple les voies de migration qui ont déjà pu être retracées par cette méthode.

Dans cette étude nous aurons deux types de contrôle que nous analyserons :

- les contrôles intra-sites : utilisant des données sur les oiseaux bagués et contrôlés sur le site de la Tourelles des Moutons de Donges-Est durant la même saison. Nous faisons l'hypothèse que ces oiseaux n'ont pas quitté la roselière entre leur baguage et leurs différents contrôles.
- les contrôles intersites : c'est-à-dire les oiseaux bagués à Donges et contrôlés ailleurs, ou les oiseaux bagués ailleurs et contrôlés à Donges ou même les oiseaux bagués à Donges et contrôlés à Donges mais pas pendant la même saison (c'est-à-dire pas la même année).

#### **2.1.3 REPRISE**

Les reprises correspondent à des données d'oiseaux rapportés morts. Pour les espèces baguées sur le camp de Donges très peu de reprises ont été signalées.

#### **2.1.4 MIGRATION**

La migration est un phénomène cyclique de déplacement de population qui s'effectue souvent pour des raisons alimentaires ou de reproduction. Ainsi la migration est un mouvement saisonnier de certains oiseaux qui se déplacent entre une aire de reproduction et une aire d'hivernage. Les migrations ne sont pas équivalentes pour toutes les espèces, certaines réaliseront un voyage de quelques centaines de kilomètres (ne descendant que rarement sous la mer méditerranée) et d'autres seront des migrateurs au long cours et iront passer l'hiver en Afrique centrale.

Dans le contexte de l'étude nous étudions la migration post-reproduction, c'est-à-dire lorsque les oiseaux effectuent un voyage du Nord vers le Sud. Il faut également noter que les espèces centrales de cette étude, les espèces paludicoles (cf. 2.1.9 Espèce paludicoles), sont pour la plus part des migrateurs transsahariens.

### 2.1.5 HALTE MIGRATOIRE

Lors de leur migration, les oiseaux ont besoin de renouveler leurs réserves de graisse afin de pouvoir répondre aux besoins énergétiques de leur long voyage. Pour cela, ils réalisent souvent des haltes migratoires dans des types d'habitat où ils trouveront de la nourriture. Il faut savoir que les espèces paludicoles sont capables de doubler leur masse et de réaliser des étapes de plusieurs centaines de kilomètres d'une seule traite.

### 2.1.6 ESPECE

En biologie elle est souvent définie comme l'ensemble de populations effectivement ou potentiellement interfécondes (interfertiles), génétiquement isolées du point de vue reproductif d'autres ensembles équivalents. Dans le cadre de cette étude nous utiliserons la définition taxonomique pour la quelle les individus appartiennent à la même espèce lorsqu'ils partagent des caractères morphologiques similaires. Ces similarités morphologiques les distinguent donc d'autres espèces.

### 2.1.7 POPULATION

Une population est définie comme l'ensemble d'individus de la même espèce qui sont en interaction sur un territoire donné.

### 2.1.8 COMMUNAUTE

Une communauté est définie comme l'ensemble de populations en interaction sur un espace donné.

### 2.1.9 ESPECE PALUDICOLE

Les espèces paludicoles sont des espèces qui sont inféodées (au moins pour leur halte migratoire) au milieu palustre. Ce milieu se définit par une végétation poussant dans un milieu très humide, souvent saumâtre, où l'on trouve une forte proportion de *Phragmites australis*.

### 2.1.10 SEX-RATIO

Le sex-ratio (sexe-ratio) désigne le taux comparé des mâles et des femelles au sein d'une population à reproduction sexuée. C'est un indice biologique est important, car la proportion des mâles et femelles peut affecter le succès reproductif. Cet indicateur est calculé par l'équation suivante :

$$r_{sex} = \frac{\text{nombre\_de\_femelles}}{\text{nombre\_d'individus}}$$

### 2.1.11 AGE-RATIO

L'âge-ratio est la proportion de jeunes dans la population. En période de reproduction cet indicateur est aussi appelé taux de recrutement signalant l'efficacité de la reproduction. Ici ce ratio va surtout nous permettre d'observer (ou non) une migration asynchrone entre les juvéniles et les adultes. Pour calculer cet indicateur nous utilisons l'équation suivante :

$$r_{\text{âge}} = \frac{\text{nombre\_de\_jeune}}{\text{nombre\_d'individus}}$$

## 2.2 LE CAMP DE BAGUAGE

### 2.2.1 PROTOCOLE DE BAGUAGE

Un protocole de baguage a été mis en place et suivi pendant les 5 ans de cette étude. Selon ce protocole, lors des sessions de baguage, les filets prennent place à des endroits précis dans la roselière pendant une période de 1 à 2 mois selon les années (cf. 2.2.2. L'effort de capture). Lors des sessions de baguage, nous utilisons des filets pour capturer des oiseaux qui sont en suite bagués avec des bagues métalliques (fournies) selon les standards internationaux. Pour attirer les oiseaux vers les passages où se trouvent les filets, nous utilisons des repasses en diffusant les chants des plusieurs espèces. Le matériel de repasse est identique sur tous les sites de Loire Atlantique (CD, niveau sonore et conditions d'utilisation identiques).

Une fois capturé au filet, les oiseaux sont identifiés (détermination de l'espèce) puis bagués (ou contrôlés s'ils sont déjà porteurs d'une bague). Ensuite dans la mesure du possible le bagueur ou le stagiaire en formation détermine le sexe et l'âge de l'individu. Enfin avant de relâcher l'oiseau, des mesures biométriques sont réalisées tel que la longueur de l'aile, l'adiposité et la masse. L'information sur chaque individu est notée sur des bordereaux de terrain standardisés selon le programme national de baguage.



Figure 1: Situation géographique de la roselière de Donges Est en France (à gauche) et dans l'estuaire de la Loire (à droite)



Figure 2 : Orthophotographie de la roselière de Donges-Est. La ligne de filet est représentée en jaune

### 2.2.2 L'EFFORT DE CAPTURE

Nous utilisons des filets posés à des endroits précis au sein de la roselière que nous ouvrons pendant un certain nombre d'heures par jour afin de capturer des oiseaux. Le reste du temps ces filets restent fermés. L'effort de capture est donc représenté par la longueur de filets ouverts par jour et le nombre d'heures où ceux-ci sont ouverts.

Pendant les jours de capture, la repasse est mise en route une heure avant le lever du soleil, l'ouverture des filets est faite 30 mn avant le lever du soleil et ils sont refermés à midi. Les filets utilisés sont de marque « Ecotone », ils font 12 m de long pour 2,5 m de haut, la maille est de 16 mn et le fil est de 110 deniers. Les filets sont disposés au même endroit chaque année pour une longueur totale de 144 mètres.

## 2.2.3 LES ESPECES CAPTUREES

Tableau 1 : Liste des espèces capturées, par ordre alphabétique des codes utilisés pour les graphiques. (jaune = espèces paludicoles).

	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom anglais	Famille
ACCNIS	Accipiter nisus	Epervier d'Europe	Eurasian Sparrowhawk	ACCIPITRIDAE
ACRARU	Acrocephalus arundinaceus	Rousserolle turdoïde	Great Reed Warbler	SYLVIIDAE
ACROLA	Acrocephalus paludicola	Phragmite aquatique	Aquatic Warbler	SYLVIIDAE
ACRSCH	Acrocephalus schoenobaenus	Phragmite des joncs	Sedge Warbler	SYLVIIDAE
ACRSCI	Acrocephalus scirpaceus	Rousserolle effarvate	Reed Warbler	SYLVIIDAE
ALAARV	Alauda arvensis	Alouette des champs	Sky Lark	ALAUDIDAE
ALCATT	Alcedo atthis	Martin-pêcheur d'Europe	Common Kingfisher	ALCEDINIDAE
ANTRRI	Anthus trivialis	Pipit des arbres	Tree Pipit	MOTACILLIDAE
CARINA	Carduelis cannabina	Linotte mélodieuse	Linnet	FRINGILLIDAE
CARCAR	Carduelis carduelis	Chardonneret élégant	Goldfinch	FRINGILLIDAE
CARHL	Carduelis chloris	Verdier d'Europe	Greenfinch	FRINGILLIDAE
CETCET	Cettia cetti	Bouscarle de Cetti	Cetti's Warbler	SYLVIIDAE
CIRPYG	Circus pygargus	Busard cendré	Montagu's Harrier	ACCIPITRIDAE
CISJUN	Cisticola juncidis	Cisticole des joncs	Zitting Cisticola	SYLVIIDAE
COTCOT	Coturnix coturnix	Caille des blés	Common Quail	PHASIANIDAE
EMBSCH	Emberiza schoeniclus	Bruant des roseaux	Reed Bunting	EMBERIZIDAE
ERIRUB	Erithacus rubecula	Rougegorge familier	Robin	TURDIDAE
FALTIN	Falco tinnunculus	Faucon crécerelle	Common Kestrel	FALCONIDAE
FICHYP	Ficedula hypoleuca	Gobemouche noir	Pied Flycatcher	MUSCICAPIDAE
FRICOE	Fringilla coelebs	Pinson des arbres	Common Chaffinch	FRINGILLIDAE
HIPPOL	Hippolais polyglotta	Hypolaïs polyglotte	Melodious Warbler	SYLVIIDAE
HIRRUS	Hirundo rustica	Hirondelle rustique	Barn Swallow	HIRUNDINIDAE
JYNTOR	Jynx torquilla	Torcol fourmilier	Wryneck	PICIDAE
LANCOL	Lanius collurio	Pie-grièche écorcheur	Red-backed Shrike	LANIIDAE
LOCLUS	Locustella luscinioides	Locustelle lusciniôide	Savi's Warbler	SYLVIIDAE
LOCNAE	Locustella naevia	Locustelle tachetée	Grasshopper Warbler	SYLVIIDAE
LUSMEG	Luscinia megarhynchos	Rossignol philomèle	Rufous Nightingale	TURDIDAE
LUSSVE	Luscinia svecica	Gorgebleue à miroir	Bluethroat	TURDIDAE
MILCAL	Miliaria calandra	Bruant proyer	Com Bunting	EMBERIZIDAE
MOTALB	Motacilla alba	Bergeronnette grise	White Wagtail	MOTACILLIDAE
MOTFLA	Motacilla flava	Bergeronnette printanière	Yellow Wagtail	MOTACILLIDAE
OENOEN	Oenanthe oenanthe	Traquet motteux	Northern Wheatear	TURDIDAE
PANBIA	Panurus biarmicus	Panure à moustaches	Bearded Tit	TIMALIIDAE
PARCAE	Parus caeruleus	Mésange bleue	Blue Tit	PARIDAE
PARMAJ	Parus major	Mésange charbonnière	Great Tit	PARIDAE
PASDOM	Passer domesticus	Moineau domestique	House Sparrow	PASSERIDAE
PASMON	Passer montanus	Moineau friquet	Tree Sparrow	PASSERIDAE
PHOOCH	Phoenicurus ochruros	Rougequeue noir	Black Redstart	TURDIDAE
PHYCOL	Phylloscopus collybita	Pouillot véloce	Common Chiffchaff	SYLVIIDAE
PHYLUS	Phylloscopus trochilus	Pouillot fitis	Willow Warbler	SYLVIIDAE
PORPOR	Porzana porzana	Marouette ponctuée	Spotted Crake	RALLIDAE
PORPUS	Porzana pusilla	Marouette de Baillon	Baillon's Crake	RALLIDAE
PRUMOD	Prunella modularis	Accenteur mouchet	Dunnock	PRUNELLIDAE
RALAQU	Rallus aquaticus	Râle d'eau	Water Rail	RALLIDAE
REGIGN	Regulus ignicapillus	Roitelet à triple bandeau	Firecrest	SYLVIIDAE
REMPEN	Remiz pendulinus	Rémiz penduline	Penduline Tit	REMIZIDAE
RIPRIP	Riparia riparia	Hirondelle de rivage	Sand Martin	HIRUNDINIDAE
SAXRUB	Saxicola rubetra	Tarier des prés	Whinchat	TURDIDAE
SAXTOR	Saxicola torquatus	Tarier pâtre	Common Stonechat	TURDIDAE
STUVUL	Sturnus vulgaris	Etourneau sansonnet	Common Starling	STURNIDAE
SYLATR	Sylvia atricapilla	Fauvette à tête noire	Blackcap	SYLVIIDAE
SYLBOR	Sylvia borin	Fauvette des jardins	Garden Warbler	SYLVIIDAE
SYLCOM	Sylvia communis	Fauvette grisette	Common Whitethroat	SYLVIIDAE
SYLUND	Sylvia undata	Fauvette pitchou	Dartford Warbler	SYLVIIDAE
TRIOCH	Tringa ochropus	Chevalier culblanc	Green Sandpiper	SCOLOPACIDAE
TROTRO	Troglodytes troglodytes	Troglodyte mignon	Wren	TROGLODYTIDAE
TURMER	Turdus merula	Merle noir	Blackbird	TURDIDAE
TURPHI	Turdus philomelos	Grive musicienne	Song Thrush	TURDIDAE
UPUEPO	Upupa epops	Huppe fasciée	Hoopoe	UPUPIDAE

#### 2.2.4 LES ESPECES ETUDIEES

Le projet d'étude est basé sur la compréhension du fonctionnement écologique de la roselière de la « Tourelles des Moutons » dans un contexte de migration postnuptiale. Dans ce contexte, nous concentrons notre étude sur les espèces qui sont écologiquement les plus dépendantes de ce milieu et dont nous avons un échantillonnage le plus pertinent. Pour cela les espèces le plus étudiées sont le **Phragmite des joncs**, la **Rousserolle effarvate**, le **Gorge-bleue à miroir** et le **Phragmite aquatique**. L'étude des trois premières se justifie par la quantité des données. En ce qui concerne le Phragmite aquatique, nous ne possédons pas beaucoup de données, cependant nous avons réalisé un effort particulier pour étudier cette espèce emblématique.

Les tendances présentées ci-dessous sont, à l'échelle nationale, issues du site internet de Vigie-Nature (Jiguet and CERSP, 2008). Le programme Vigie-Nature mesure ces tendances à partir des données du programme STOC-ESP (Suivi Temporel des Oiseaux Communs) qui sont réunies grâce à la participation des volontaires qui réalisent des points d'écoute lors de la période de reproduction. Les points d'écoute sont des comptages d'oiseaux qui durent 5 minutes durant lesquelles les observateurs notent toutes les espèces d'oiseaux qu'ils voient et/ou qu'ils entendent à une distance donnée autour d'eux.

A l'échelle européenne des suivis équivalents sont réalisés et l'équipe de l'EBCC (EBCC, 2009) calcule des courbes de tendance pour les espèces en rassemblant les données des différentes nations.

### 2.2.4.1 ACRSCH : Phragmite des joncs

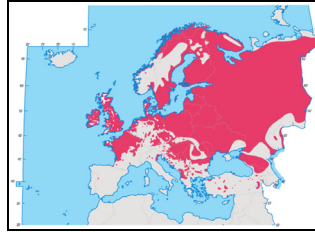


Figure 3 : Aire de distribution du Phragmite des joncs en période de reproduction

#### 1) Biologie

Nicheur et migrateur commun (Figure 3) dans les zones de basses altitudes, le Phragmite des joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*) fait partie du groupe des fauvettes (*Sylviidae*) paludicoles et pèse entre 9 et 15 grammes (Svensson, 1992). Lors de sa reproduction il recherche des biotopes humides, en lisière des eaux calmes, lacs, étangs, marais, carrières, fleuve et rivière, particulièrement lorsqu'ils sont bordés ou occupés par une épaisse végétation peu élevée de plantes hygrophiles. Pendant cette période, les phragmitaies ne sont pas spécialement appréciées par cette espèce qui y préférera buissons et arbrisseaux (Dubois *et al.*, 2000).

La population mondiale est estimée entre 8 et 13 millions de couples, et la France héberge entre 50 000 et 200 000 de ces couples lors de la période de reproduction avec de fortes variations interannuelles (BirdGuides Ltd., 2004).

En automne le passage des oiseaux originaires d'Europe du Nord et Nord-Est en migration postnuptiale à destination de l'Afrique sub-saharienne est particulièrement abondant sur la façade atlantique, avec des haltes parfois prolongées dans les roselières. Lors de ces haltes migratoires le Phragmite des joncs va principalement se nourrir de petits insectes (plus de 50% de son régime alimentaire) tels que les homoptères (Kerbiriou and Bargain, 2008). Un grand nombre des nicheurs français gagne, en hiver, les grandes zones d'inondation nord tropicales des fleuves Sénégal et Niger.

#### 2) Tendances nationale et européenne

L'espèce progresse fortement après un fort déclin soupçonné dans les années 80, avec toutefois une baisse depuis 2001 (Figure 4). Cette tendance se retrouve avec une amplitude moins marquée au Royaume-Uni, mais l'espèce montre un déclin au niveau européen (Jiguet and CERSP, 2008).

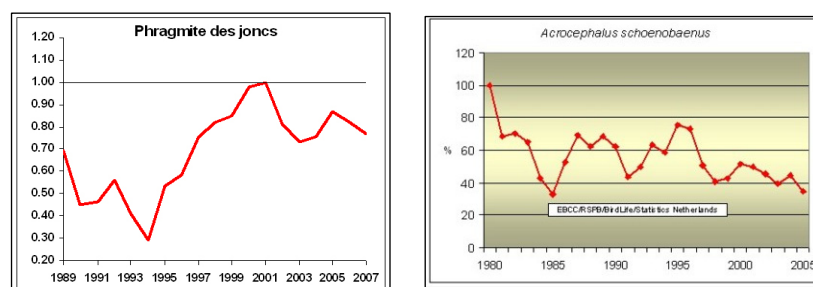


Figure 4 : Tendances française (à gauche) et européenne (à droite) des populations de Phragmites des joncs

### 2.2.4.2 ACRSCI : Rousserolle effarvate

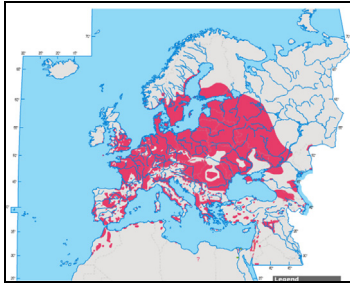


Figure 5 : Aire de distribution de la Rousserolle effarvate en période de reproduction

#### 1) Biologie

La Rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*) est une fauvette paludicole nicheuse et migratrice commune (Figure 5) et presque exclusivement inféodée aux roselières, marais, bordure de fossés et canaux, grands lacs et gravières (Dubois *et al.*, 2000). Cette espèce de fauvette pesant entre 10 et 16 grammes (Svensson, 1992), est comme le Phragmite des joncs et le Phragmite aquatique (voir ci-dessous) un migrateur transsaharien.

La population mondiale est estimée entre 7 et 9 millions de couples. En France les estimations donne entre 10 000 et 100 000 couples reproducteurs (BirdGuides Ltd., 2004).

Lors de sa migration postnuptiale la façade atlantique, avec ses roselières estuariennes et littorales, voit se concentrer des effectifs très important. Lors de ces haltes, souvent de courte durée la Rousserolle effarvate va chercher à se nourrir principalement de diptères (plus de 50% de son régime alimentaire ; Kerbiriou and Bargain, 2008).

#### 2) Tendances nationale et européenne

L'espèce est en déclin, principalement suite à des diminutions à la fin des années 90. L'absence de plan d'échantillonnage pour le STOC-capture couplée à l'évolution rapide des milieux en roselières nous incite à la prudence sur la fiabilité de cette baisse (Figure 6). L'espèce est en augmentation sur la même période au Royaume-Uni, mais en déclin en Europe (Jiguet and CERSP, 2008).

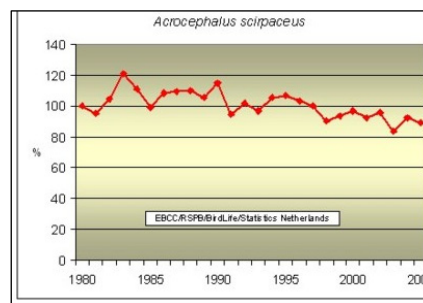
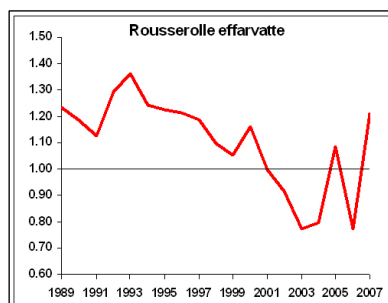


Figure 6 : Tendance française (à gauche) et européenne (à droite) des populations de Rousserolles effarvates

### 2.2.4.3 LUSSVE : Gorgebleue à miroir



Figure 7 : Aire de distribution de la Gorgebleue à miroir

#### 1) Biologie

Le Gorgebleue à miroir (*Luscinia svecica*) est une espèce de Turdidé (tel le Rouge-gorge familier *Eritacus rubecula* et le Merle noir *Turdus merula*), dite polytypique, du fait qu'elle est constituée de plusieurs sous espèces : 3 sous espèces sont décrites en Europe (Figure 7), *L. s. svecica*, *L. s. cyanicula*, et *L. s. namnetum* (Dubois *et al.*, 2000). La taille globale et mondiale des populations de cette espèce est estimée entre 850 000 et 2,5 millions de couples (BirdGuides Ltd., 2004).

Sur le camp de baguage de Donges nous capturons principalement ces deux dernières *L. s. cyanicula*, et *L. s. namnetum*. La première est une migratrice qui vient du nord d'une ligne joignant le mont Saint Michel à l'Isère, et qui va passer l'hiver au Nord de l'Afrique. Les populations françaises sont estimées à 2000 couples. La seconde est une sous espèce qui se reproduit localement en Loire-Atlantique et sur la façade atlantique et va passer l'hiver au sud de l'Espagne et du Portugal. Ces populations françaises sont estimées entre 8 000 et 10 000 couples (Dubois *et al.*, 2000).

Cette espèce se nourrit largement d'invertébrés terrestres, et principalement d'insectes. A l'automne, elle s'oriente également vers quelques graines et fruits.

#### 2) Tendances nationale et européenne

A partir de 2001, les données de points d'écoute semblent montrer une baisse (Figure 8), mais des données à plus long terme sont nécessaires pour confirmer ou infirmer cette tendance (Jiguet and CERSP, 2008).

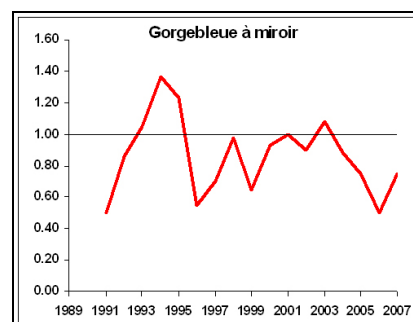


Figure 8 : Tendence française des populations de Gorgebleues à miroir

#### 2.2.4.4 ACROLA : Phragmite aquatique



Figure 9 : Aire de distribution du Phragmite aquatique en période de reproduction

##### 1) Biologie

Le Phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*) est une fauvette paludicole migratrice rare, qui fréquente principalement les marais à roselière, cariçaies, et jonçais (Dubois *et al.*, 2000). Les effectifs mondiaux de cette espèce sont extrêmement faibles et sont estimés à 13 000 couples, se reproduisant exclusivement dans le Nord-Est de l'Europe (Pologne, Biélorussie, Allemagne; Figure 9 ; Flade, 2008).

Lors de son passage postnuptial, les oiseaux transitent par la France, vers leur quartier d'hivernage dans l'Afrique tropicale occidentale. Lors de ce voyage, l'espèce passe exclusivement sur la façade atlantique et utilise principalement les marais de la baie de Seine, les marais finistériens et ceux de l'estuaire de Loire comme halte migratoire (Flade, 2008). Lors de ces haltes, les oiseaux possèdent un régime alimentaire plus varié que les deux autres fauvettes paludicoles décrites ci-dessus (Phragmite des joncs et Rousserolle effarvate). En effet, il se nourrit principalement de diptères (moins de 50 % de son régime alimentaire) et surtout d'insectes et aranéides se trouvant dans les cariçaies (Kerbirou and Bargain, 2008).

##### 2) Tendances nationale et européenne

Cette espèce possédant de petits effectifs (Figure 10) est relativement méconnue et nous ne possédons pas le recul nécessaire permettant de définir une tendance. Nous pouvons cependant affirmer que ses très faibles effectifs la rendent très sensible à tous phénomènes qui pourraient affecter sa dynamique de population telle que la dégradation de ses habitats (reproduction, hivernage, halte migratoire).

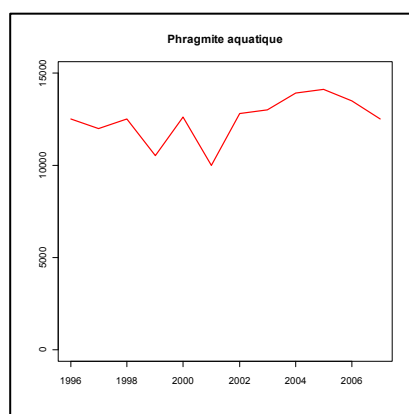


Figure 10 : Evolution du nombre de mâle chanteur des populations de Phragmites aquatiques

## 2.3 METHODES D'ANALYSE

### 2.3.1 LA BASE DE DONNEES

#### 2.3.1.1 Données de baguage et de contrôle

L'information notée sur le terrain concernant chaque individu bagué ou contrôlé est ensuite saisie et traitée en MySQL à l'aide des logiciels Access et Navicat. Sur cette base chaque individu est identifié par son code unique figurant sur sa bague (notée comme BAGUE sur la figure suivante). Pour chaque individu, nous notons s'il s'agit d'une action de baguage (noté comme B au champ ACT) ou d'une action de contrôle (C) si l'individu capturé est déjà bagué (voir partie 2.1 pour plus d'information sur les définitions de termes utilisés). Ensuite, la date et l'heure précises de l'action sont notées, suivies par des champs qui décrivent les caractéristiques de chaque individu comme l'espèce, le sexe, l'âge, la masse (MA), l'adiposité (AD) et la longueur de l'aile (LP). Enfin, dans cette base nous retrouvons de champs qui indiquent la localité précise (LOCALITE, SITE) où les sessions ont été réalisées (Figure 11).

BAGUE	ACT	DATEAMJ	HORAIRE	ESPECE	SEXE	AGE	LOCALITE	MA	LP	AD	SITE
524622	B	7/27/2007	09 10:00:00 AM	ACRSCH	?	1a	DONGES	11.7	65	2	T
4747845	C	7/28/2007	009 7:00:00 AM	LUSSVE	M	1A	DONGES	16	69	1	D2
4747901	B	7/28/2007	009 6:00:00 AM	LUSSVE	M	1A	DONGES	14	70	1	D2
4747902	B	7/28/2007	009 6:30:00 AM	ACRSCI	?	1A	DONGES	10.5	65	1	D2
4747903	B	7/28/2007	009 6:30:00 AM	ACRSCI	M	+1A	DONGES	10.5	67	2	D2

Figure 11 : Structure d'une table de la base de données

Pour réaliser cette étude nous avons à notre disposition une base de données dans laquelle la table principale hébergeant les données de marquage et contrôle possède 45 200 enregistrements (lignes). Le tableau regroupant les données de baguage et de contrôle pour Donges pour la période 2003-2007 contient 35 718 lignes (voir la partie de Résultats pour plus d'information).

#### 2.3.1.2 L'effort de capture

Pour l'effort de capture, nous avons noté le nombre et la longueur des filets ouverts par jour et par année et le nombre d'heures où les filets sont ouverts par jour et par année. Nous avons ensuite construit un indice d'effort de capture en multipliant le nombre de mètres de filets utilisés par jour par le nombre d'heures pendant lesquelles les filets restaient ouverts par jour (donné en heure/filet). En faisant la somme de ces produits pour tous les jours de sessions nous obtenons l'effort de capture par an.

#### 2.3.1.3 Les conditions météo locales et globales

La table des conditions locales est issue du site internet windguru. Nous avons utilisé la station de Kerlédé situé à 15.5 Km à l'ouest de la station de baguage de Donges. Ce site fournit des estimations sur la vitesse (nœuds) et la direction du vent, la température (°C), les précipitations (mm/3h) et la couverture nuageuse (%). Les valeurs pour chaque composante de climat sont estimées à partir des modèles des simulations de la météo. En se basant sur les données disponibles pour toutes les 3 heures par jour, nous avons ensuite estimé des moyennes journalières.

La table des conditions globales est une table issue du site « CGD's Climate Analysis Section » (<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html>) et correspond à l'Oscillation Nord Atlantique. L'Oscillation Nord-Atlantique (ou *North Atlantic Oscillation* en anglais, d'où le sigle NAO), est un phénomène atmosphérique et océanique, qui concerne principalement l'Atlantique Nord. Il s'agit des différences de pression atmosphérique entre la région Arctique et région subtropicale près des Açores et de la péninsule ibérique. Cette différence de pression influence d'une façon générale le climat en Europe, en contrôlant surtout la direction et l'intensité du vent et le niveau de précipitations. (Figure 12)

L'Oscillation Nord-Atlantique a donc pour conséquences :

- des changements de la pression au sol (donc de l'intensité et de la position de l'anticyclone des Açores et des dépressions d'Islande et de Sibérie), de telle façon que quand la pression est plus élevée dans la ceinture subtropicale, elle est moins élevée au pôle, et réciproquement (comme un balancier) ;
- des variations des vents d'Ouest moyens ;
- des influences sur le climat (températures, précipitations) tout autour du bassin atlantique, et tout particulièrement sur l'Europe.)

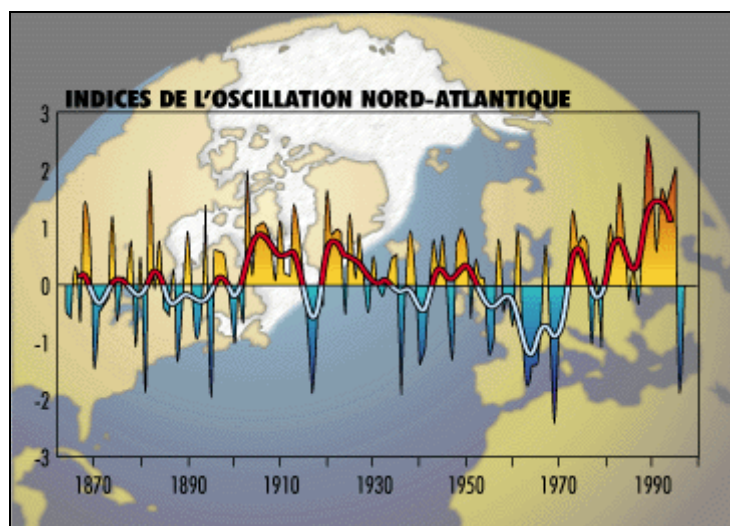


Figure 12 : Evolution de l'indice de l'oscillation Nord-Atlantique (NAO) de 1865 aux années 2000  
(source: <http://www.ifremer.fr>)

### 2.3.2 ANALYSE DESCRIPTIVE DE LA BASE

Nous avons analysé les données présentées à la partie 2.3.1. Pour faire cela, nous avons construit des requêtes qui peuvent être regroupés en quatre types d'analyse :

1. Nous avons construit des requêtes qui servent à identifier et à corriger toutes sortes d'incohérences qui peuvent se présenter dans la base de données analysée. Etant donné la taille de la base de données et la précision de l'information renseignée, il semble logique que des fautes de saisie puissent s'y retrouver, risquant ainsi de biaiser notre analyse. Nous avons donc résolu tous ces types de problèmes avant de passer à l'analyse descriptive des données.
2. Nous avons ensuite construit des requêtes qui permettent de faire le bilan des données. Plus précisément, nous avons estimé :
  - i. Le nombre d'espèces capturées par an
  - ii. Le nombre d'individus bagués et contrôlés par espèce et par an
  - iii. Le sex-ratio et l'âge-ratio par espèce et par an
3. Pour l'analyse de Capture-Marquage-Recapture (CMR), il nous faut un format de données spécial. Nous avons donc réalisé des requêtes qui nous permettent de construire ce format, en codant l'information existante sur chaque individu capturé à Donges en forme d'historique (pour plus d'information voir partie 2.3.3.2).

Enfin, comme une des questions principales de cette étude concerne la durée du séjour des oiseaux sur le site, nous avons estimé la durée de séjour total en corrigeant par le taux de recapture, en utilisant des techniques de CMR expliquées ci-dessous.

### 2.3.3 ANALYSE PAR CMR

#### 2.3.3.1 Principe

Les techniques de Capture-Marquage-Recapture (CMR) sont souvent utilisées pour les recensements faunistique et floristique. Dans le cadre de la mise en place de programmes de gestion de milieux, il est nécessaire de quantifier les variations des nombres d'individus et d'espèces présents sur le site et d'identifier les paramètres qui peuvent influencer leurs dynamiques.

Comme son nom l'indique, la récolte des données de CMR implique trois étapes. Les deux premières concernent la capture et le marquage des individus. La capture des oiseaux est possible grâce à des techniques adaptées à la biologie des espèces. Ici nous capturons les oiseaux par le biais de filet (cf. 2.2.2 L'effort de capture). Le marquage des individus capturés est effectué par la pose d'une bague métallique sur le tarse de l'oiseau. Après la pose de la bague l'individu est considéré marqué et peut être identifié lors des prochaines recaptures, grâce au code unique de sa bague. Avant de les relâcher, l'équipe de baguage renseigne une base de données en indiquant son espèce et dans la mesure du possible son sexe et son âge. Enfin des mesures biométriques sont réalisées telles que la mesure de la longueur d'aile et de la masse.

Cette opération est répétée durant toute la période du suivi.

#### 2.3.3.2 Historique des captures

En regroupant les données CMR de toutes les sessions de capture, il est possible de construire un historique pour chaque individu bagué (capturé au moins une fois) en vérifiant pour chacun d'eux s'ils ont été capturés ou non lors de chacune des sessions. Cette information est ensuite codée en terme de '1' pour noter les sessions où l'individu a été capturé (présence) ou des '0' pour noter les sessions lors des quelles l'oiseau n'a pas été capturé (absence). L'historique de chaque individu bagué est donc une série de '1' et de '0'. Par exemple, le Tableau 2 montre les historiques de 4 individus capturés lors de 5 sessions de capture.

*Tableau 2 : Exemple d'histoire de capture*

Individus	Histoire de capture	Explication
Ind 1	1 0 0 0 1	L'individu a été capturé lors de la 1 <sup>ère</sup> session, puis durant les sessions 2, 3 et 4 il n'a pas été capturé et il s'est refait capturer lors de la 5 <sup>e</sup> session
Ind 2	0 1 1 0 0	Cet oiseau n'a été capturé que deux fois, lors de la 2 <sup>ème</sup> et lors de la 3 <sup>ème</sup> session
Ind 3	1 0 0 0 0	Cet oiseau n'a été capturé que lors de la première session
Ind 4	0 0 0 0 1	Cet oiseau n'a été capturé que lors de la dernière session

Pour cette étude nous utilisons les données CMR récoltées pendant 5 ans (de 2003 à 2007), lors des sessions de capture-marquage-recapture qui ont été effectuées tous les jours pendant 1 à 2 mois durant la période de migration post nuptiale des espèces paludicoles, période durant laquelle ces espèces utilisent la roselière comme halte lors de leur migration vers l'Afrique.

### 2.3.3.3 Analyse de données CMR

Pour analyser ces données, nous utilisons des modèles mathématiques, qui nous permettent d'estimer des paramètres démographiques censés contrôler cette variation d'effectifs. Pour cette étude, les paramètres sur lesquels nous nous focalisons sont la durée du séjour des espèces sur le site et la probabilité de capture. Pour estimer ces paramètres nous avons utilisé des modèles implémentés dans le program MARK (White and Burnham, 1999). Deux types de modèles ont été utilisés sur MARK: (i) des modèles Cormack-Jolly-Seber (CJS) et (ii) des modèles Pradel (Pradel, 1996). Ensuite, nous utilisons le programme SODA (Schaub *et al.*, 2001, Efford, 2005, Pradel *et al.*, 2005) pour estimer la durée du séjour des espèces concernées sur le site.

Les modèles CMR visent à décrire la structure selon laquelle les données analysées sont mieux expliquées. Si par exemple, l'estimation d'un paramètre varie significativement dans le temps, le modèle qui prévoit un effet du temps dans sa structure sera plus explicatif et donc préféré par rapport à un modèle constant (Figure 13).

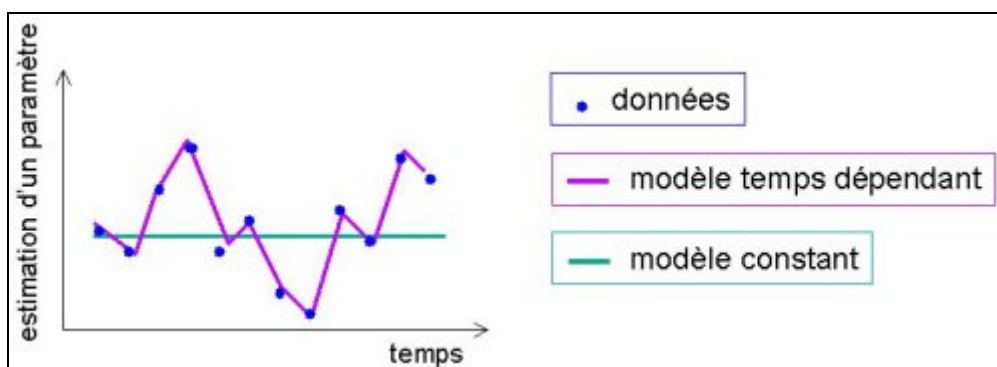


Figure 13 : Exemple de série temporelle où un modèle temps dépendant est le plus pertinent.  
(Source : [http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr\\_ecomm/ZooT\\_MN.html](http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr_ecomm/ZooT_MN.html))

Si au contraire, les variations temporelles sont petites, le modèle constant sera choisi comme meilleur (Figure 14).

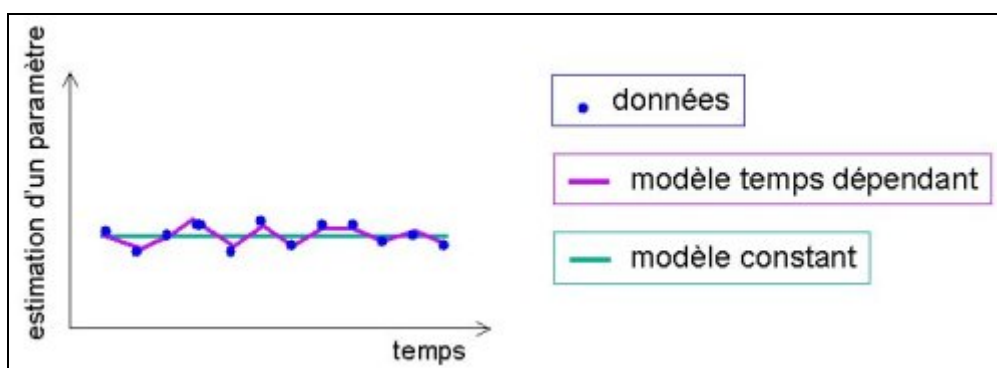


Figure 14 : Exemple de série temporelle où le modèle constant est le plus pertinent.  
(Source : [http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr\\_ecomm/ZooT\\_MN.html](http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr_ecomm/ZooT_MN.html))

### 2.3.3.4 Des modèles Cormack-Jolly-Seber (CJS)

Ces modèles nous permettent d'estimer une probabilité de présence d'espèces sur le site après la capture de l'individu (probabilité d'émigration). La probabilité qu'un individu soit vu lors de notre suivi dépend de notre effort d'observation mais aussi de sa présence sur le site. Il est donc nécessaire d'estimer ces deux probabilités afin d'émettre des hypothèses sur les facteurs qui peuvent influencer à la fois la présence et la durée du séjour des espèces sur le site. Cela est possible à travers des modèles CJS. Ces modèles sont typiquement utilisés pour estimer la probabilité de « survie apparente » ( $\phi$ ) et la probabilité de recapture ( $p$ ) d'individus bagués. Le principe est que l'on peut observer un individu sur un site lorsque 2 conditions sont réunies : 1) l'individu est vivant et 2) l'individu est présent sur le site. Le produit de ces deux probabilités nous donne le  $\phi$ . Pour les besoins de cette étude, nous analysons des données qui couvrent une période de 1 à 2 mois, nous pouvons donc supposer que durant cette courte période, la mortalité sera faible. Cette hypothèse nous permet de traduire la probabilité  $\phi$  comme la probabilité qu'un individu reste sur site après sa capture. Cette analyse nous permettra donc d'estimer un nombre des jours probable où les individus restent sur site après leur capture.

Pour estimer ces paramètres, nous avons analysé nos données par espèce et par an. Pour chaque jeu de données, nous avons ensuite comparé 4 modèles présentés ci-dessous.

Tableau 3 : Liste des modèles de CMR CJS testés.

<i>Modèle</i>	<i>Notation du modèle</i>	<i>Description du modèle</i>
1	$\phi_t p_t$	Ce modèle prédit que la probabilité d'émigration ainsi que la probabilité de capture sont temps dépendants (varient significativement dans le temps).
2	$\phi_c p_t$	Ce modèle prédit que la probabilité d'émigration est constante et que la probabilité de capture est temps dépendante.
3	$\phi_t p_c$	Ce modèle prédit que la probabilité d'émigration est temps dépendante et que la probabilité de capture est constante.
4	$\phi_c p_c$	Ce modèle prédit que la probabilité d'émigration ainsi que la probabilité de capture sont constants (pas de variations significatives dans le temps).

Pour comparer statistiquement les modèles nous avons utilisés le critère AIC (Akaike Information Criterion). Le meilleur modèle est celui avec le plus petit AIC. Si la différence d'AIC entre deux modèles est inférieure à 2, nous choisissons le modèle avec le moins de paramètres (Lebreton *et al.*, 1992).

### 2.3.3.5 Des modèles Pradel.

Ces modèles, par un fonctionnement équivalent aux modèles CJS, nous permettent d'estimer pour une espèce une probabilité de présence sur le site avant la première capture de l'individu (probabilité d'immigration). L'idée sous-jacente à cette analyse est qu'avec un maximum d'effort d'observation, la probabilité qu'un individu présent sur le site soit capturé au moment de son arrivée sur le site est très faible voir nulle. Il est donc probable que les oiseaux soient déjà présents depuis un certain temps sur le site avant que l'on arrive à les capturer. Cette analyse nous permet donc d'estimer cette probabilité et d'évaluer un nombre de jours probables passés par les individus sur le site avant leur capture. Pour chaque jeu de données, nous avons ensuite comparé 4 modèles présentés ci-dessous.

Tableau 4 : Liste des modèles de CMR de Pradel testés.

<i>Model</i>	<i>Notation du modèle</i>	<i>Description du modèle</i>
1	$\gamma_t p_t$	Ce modèle prédit que la probabilité d'immigration ainsi que la probabilité de capture sont temps dépendants (varient significativement dans le temps).
2	$\gamma_c p_t$	Ce modèle prédit que la probabilité d'immigration est constante et que la probabilité de capture est temps dépendante.
3	$\gamma_t p_c$	Ce modèle prédit que la probabilité d'immigration est temps dépendante et que la probabilité de capture est constante.
4	$\gamma_c p_c$	Ce modèle prédit que la probabilité d'immigration ainsi que la probabilité de capture sont constants (pas de variations significatives dans le temps).

Comme précédemment expliqué pour les CJS, nous avons utilisé le critère AIC pour la comparaison des modèles.

### 2.3.3.6 SODA

Les meilleurs modèles des deux analyses précédentes sont en suite utilisés sur le programme SODA (Schaub *et al.*, 2001) pour estimer la durée du séjour pour chaque espèce et pour chaque année pour lesquelles on a suffisamment de données. Les résultats que nous obtenons par SODA, nous permettent d'estimer la durée du séjour des espèces sur le site, en nombre de jours passés sur le site avant et après la capture des oiseaux. Cette méthode est relativement nouvelle (depuis 2001). Antérieurement à cette méthode, pour estimer cette durée on calculait pour tous les individus capturés, la durée minimale moyenne entre la première et la dernière capture (chapitre 2.3.2.). Les estimations de cette méthode ne peuvent être proches de la réalité que si l'on fait l'hypothèse que les dates de la première et de la dernière capture sont assez proches des vraies dates d'arrivée et de départ des oiseaux. Cette hypothèse est forte et le plus souvent irréaliste, nous donnant donc une sous-estimation de la vraie durée. L'analyse sur SODA que nous présentons ici est bien plus précise, les estimations étant corrigées par la probabilité de recapture. Cependant, cette méthode est aussi plus exigeante en termes de données disponibles. Nous utiliserons donc les deux méthodes pour valider nos résultats.

### 2.3.3.7 La phénologie

#### 1) *Utilisation de la date médiane*

Afin de comparer l'évolution de la phénologie de migration d'une année à l'autre nous utilisons la date médiane. La médiane correspond à la date où 50% d'oiseaux sont déjà passés par le site. Pour estimer cette date, nous nous basons sur la distribution de l'ensemble des dates pour lesquelles nous avons des données de capture (voir par exemple la Figure 15). Nous estimons également les 95% de la distribution de phénologie, qui correspond à la période durant laquelle 95% des captures sont faites. Ainsi la valeur 95% inférieure telle que la montre le graphe ci-dessous correspond à la date où 2,5 % des captures ont été réalisés et la valeur 95% supérieure correspond à la date où 97,5 % des captures ont été réalisés.

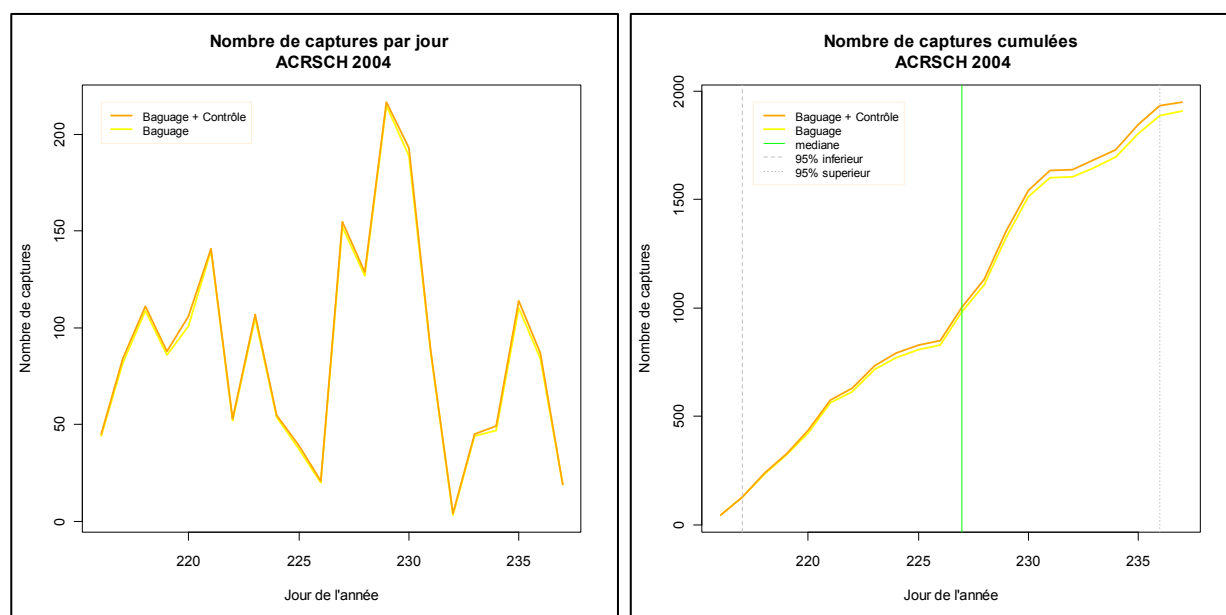


Figure 15 : Phénologie des captures de Phragmite des joncs en 2004.  
Nombre de captures par jour à gauche, et nombre de captures cumulées au cours de la saison à droite.

## 2) Phénologie probabiliste

Nous avons utilisé les résultats de SODA pour mieux décrire la phénologie de la migration. Ainsi les graphiques de phénologie que nous présentons dans ce rapport correspondent à l'évolution d'un indicateur du nombre d'oiseaux présents dans la roselière, et non pas seulement à l'évolution du nombre d'oiseaux capturés. Comme le montre le graphique ci-dessous cette méthode change considérablement la représentation de la phénologie en multipliant dans ce cas (phénologie du Phragmite des joncs en 2004) le nombre d'oiseaux présent dans la roselière par 4. Cette méthode nous permet d'estimer une phénologie de migration corrigée par les probabilités de séjour et de capture. Nous allons donc utiliser cette méthode pour présenter nos résultats à la suite de cette analyse.

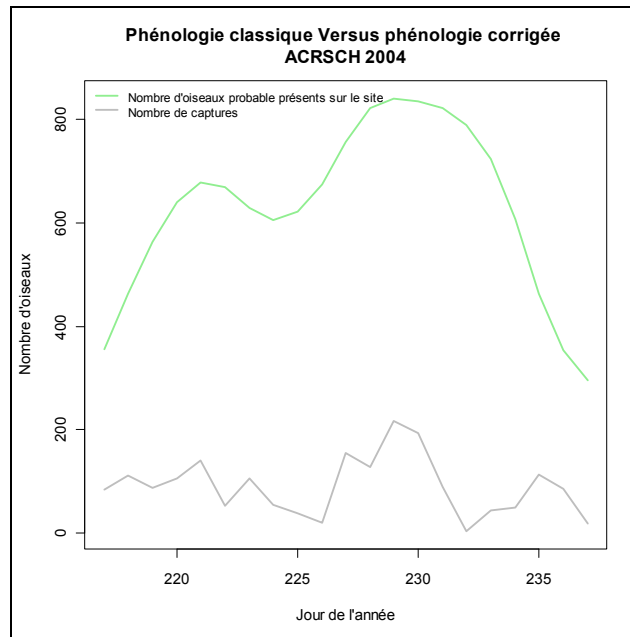


Figure 16 : Phénologie classique et phénologie corrigé pour le Phragmite des joncs en 2004.

### 3 RESULTATS

Comme nous l'observons dans le Tableau 5 sur les 5 années de baguage (2003 – 2005) 157 jours de captures ont été réalisés durant lesquels 33 529 individus ont été capturés.

*Tableau 5 : Bilan de capture pour les années 2003 à 2007*

<b>Année</b>	<b>Nombre de jours de captures</b>	<b>Nombre de baguages</b>	<b>Nombre de contrôles</b>	<b>Nombre d'individus</b>	<b>Nombre d'espèces</b>
2003	21	4 535	172	4 584	33
2004	22	3 691	177	3 740	34
2005	36	10 444	1 194	10 547	45
2006	38	5 574	253	5 639	45
2007	40	8 999	679	9 135	46
<b>TOTAL</b>	<b>157</b>	<b>33 243</b>	<b>2 475</b>	<b>33 529</b>	<b>61</b>

### 3.1 STATISTIQUES DESCRIPTIVES

#### 3.1.1 2003

En 2003, l'ACROLA a réalisé un camp de baguage de 21 jours du 4 au 24 août inclus. Lors de cette session 33 espèces ont été capturées, parmi 4 584 individus. On peut noter un sex-ratio légèrement déséquilibré en faveur des mâles (0,431) pour l'ensemble des individus. L'âge-ratio est par contre très déséquilibré (0,845) avec un adulte pour 4 jeunes (Tableau 6). Cet âge-ratio est tout à fait attendu lors d'une migration postnuptiale. En effet chaque couple d'adultes a produit environ 10 jeunes individus. 95% des individus capturés appartiennent à seulement 8 espèces : le Phragmite des joncs, l'Hirondelle rustique, la Rousserolle effarvatte, l'Hirondelle des rivages, la Gorgebleue à miroir, le Phragmite aquatique, la Locustelle luscinoïde, et la Panure à moustache. Le Phragmite des joncs est l'espèce qui domine très nettement avec plus de 40% des captures. Enfin, nous devons remarquer que parmi les 9 espèces les plus représentées dans le bilan annuel nous trouvons 6 espèces de fauvettes paludicoles (Figure 17). Les 2 espèces d'hirondelles correspondent à un effort de capture particulier (capture à la tombée de la nuit) entrant dans un programme national. Ainsi, les espèces paludicoles représentent 66.7 % des captures totales, et 95% des captures hors programme hirondelles.

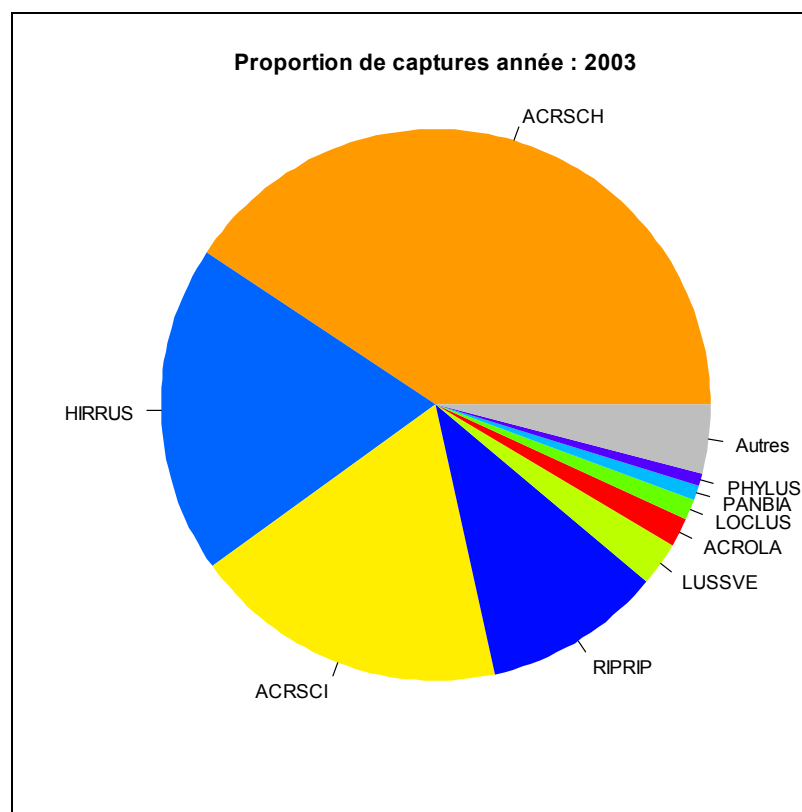


Figure 17 : Proportion de capture en 2003

Tableau 6 : Bilan de capture 2003 (jaune = espèces paludicoles)

Espèce	Nombre baguages	Nombre individus	Sex-ratio	Age-ratio	Nombre baguages relatifs
ACRSCH	1 841	1 867		0,879	0,406
HIRRUS	879	879		0,912	0,194
ACRSCI	834	850		0,932	0,184
RIPRIP	478	481		0,71	0,105
LUSSVE	117	117	0,514	0,774	0,026
ACROLA	78	79		0,873	0,017
LOCLUS	53	55		0,982	0,012
PANBIA	40	40	0,474	0,95	0,009
PHYLUS	33	33		0,727	0,007
STUVUL	21	21	0,684	1	0,005
SYLCOM	20	20	0	0,95	0,004
CETCET	17	17	0,667	0,882	0,004
EMBSCH	16	16	0,6	0,812	0,004
LANCOL	16	16	0,5	0,875	0,004
ACRARU	13	13		0,923	0,003
LOCNAE	11	11		1	0,002
PHYCOL	11	11		1	0,002
MOTFLA	9	9		0,889	0,002
TURMER	9	9	0,286	0,778	0,002
PARCAE	8	9	0,25	0,889	0,002
CARCHL	7	7	0,8	0,286	0,002
PRUMOD	7	7		0,857	0,002
ALCATT	3	3	0	0,667	0,001
LUSMEG	3	3		0,667	0,001
JYNTOR	2	2		1	0
SAXRUB	2	2	0	0,5	0
CARCAN	1	1		1	0
CISJUN	1	1		1	0
ERIRUB	1	1		1	0
FICHYP	1	1		1	0
HIPPOL	1	1		1	0
SAXTOR	1	1		1	0
TURPHI	1	1		1	0
<b>BILAN</b>	<b>4 535</b>	<b>4 584</b>	<b>0,431</b>	<b>0,845</b>	<b>1</b>

### 3.1.2 2004

En 2004, l'ACROLA a réalisé un camp de baguage de 22 jours du 3 au 24 août inclus. Lors de cette session 34 espèces ont été capturées, parmi 3 740 individus. On peut noter un sex-ratio équilibré (0,48) pour l'ensemble des individus. L'âge-ratio est par contre très déséquilibré (0,75) avec un adulte pour 3 jeunes (Tableau 7).

95% des individus capturés appartiennent à seulement 8 espèces : le Phragmite des joncs, la Rousserolle effarvatte, l'Hirondelle rustique, l'Hirondelle des rivages, la Gorgebleue à miroir, le Phragmite aquatique, la Locustelle luscinoïde, et le Bruant des roseaux. Le Phragmite des joncs est l'espèce qui domine très nettement avec plus de 51% des captures. Enfin, nous devons remarquer que parmi les 9 espèces les plus représentées dans le bilan annuel nous trouvons 6 espèces de fauvettes paludicoles (Figure 18) qui représentent 66.7 % des captures totales, et 95% des captures hors programme hirondelles.

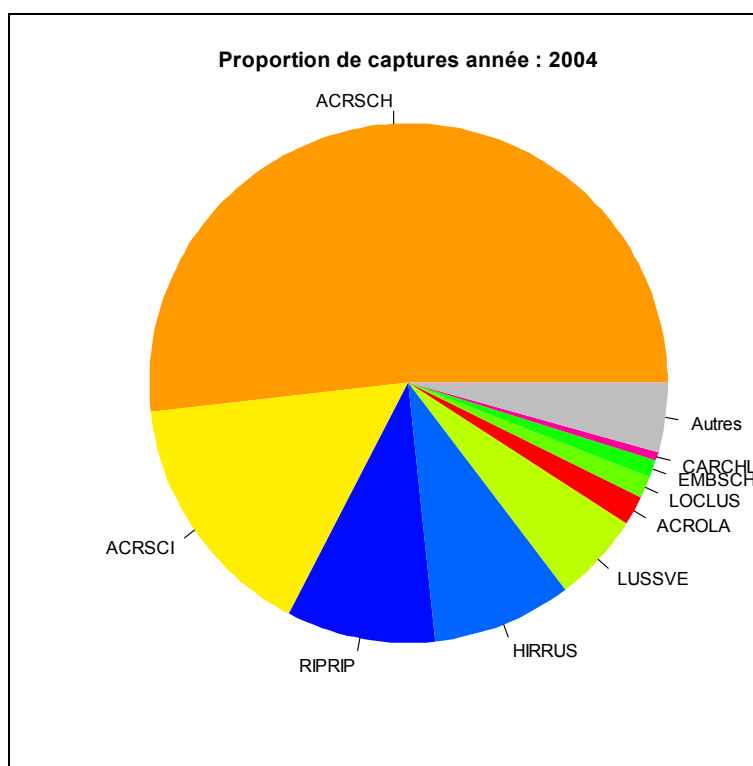


Figure 18 : Proportion de capture en 2004

Tableau 7 : Bilan de capture 2004 (jaune = espèce paludicole)

Espèce	Nombre baguages	Nombre individus	Sex-ratio	Age-ratio	Nombre baguages relatifs
ACRSCH	1 908	1 937		0,901	0,517
ACRSCI	575	583		0,904	0,156
RIPRIP	343	347		0,839	0,093
HIRRUS	321	324		0,846	0,087
LUSSVE	206	209	0,315	0,938	0,056
ACROLA	68	68		0,838	0,018
LOCLUS	51	51		0,902	0,014
EMBSCH	40	40	1	0,925	0,011
CARCHL	21	21	0,619	0,524	0,006
PANBIA	16	16	0,357	1	0,004
SYLCOM	16	16	1	0,75	0,004
CARCAN	15	15	0,667	0,8	0,004
STUVUL	15	15		0,933	0,004
CETCET	14	14	0,5	0,846	0,004
PRUMOD	13	13		0,538	0,004
TURMER	13	15	0,333	0,467	0,004
SAXTOR	10	10		0,8	0,003
MOTFLA	9	9		0,889	0,002
PHYLUS	7	7		0,714	0,002
LOCNAE	5	5		1	0,001
PARCAE	5	5		0,4	0,001
ACRARU	3	3		1	0,001
CARCAR	2	2		1	0,001
CISJUN	2	2		1	0,001
LUSMEG	2	2		0,5	0,001
PHYCOL	2	2		0,5	0,001
SAXRUB	2	2	1	0,5	0,001
HIPPOL	1	1		1	0
LANCOL	1	1		1	0
PORPOR	1	1		1	0
PORPUS	1	1	1	0	0
RALAQU	1	1	1	0	0
REMPEN	1	1		1	0
SYLBOR	1	1		1	0
<b>BILAN</b>	<b>3 691</b>	<b>3 740</b>	<b>0,48</b>	<b>0,75</b>	<b>1</b>

### 3.1.3 2005

En 2005, l'ACROLA a réalisé un camp de baguage de 36 jours du 23 juillet au 27 août inclus. Lors de cette session 45 espèces ont été capturées, parmi 10547 individus. On peut noter un sex-ratio déséquilibré en faveur des mâles (0,37) pour l'ensemble des individus. L'âge-ratio est par contre très déséquilibré (0,8) avec un adulte pour 4 jeunes (Tableau 8).

95% des individus capturés appartiennent à seulement 10 espèces : le Phragmite des joncs, la Rousserolle effarvate, l'Hirondelle des rivages, la Gorgebleue à miroir, l'Hirondelle rustique, le Bruant des roseaux, le Pouillot fitis, la Locustelle luscinoïde, la Bouscarle de Cetti et la bergeronnette printanière. Le Phragmite des joncs et la Rousserolle effarvate sont les 2 espèces qui dominent très nettement avec respectivement 40% et 27% des captures. Enfin, nous devons remarquer que parmi les 9 espèces les plus représentées dans le bilan annuel nous trouvons 6 espèces de fauvelles paludicoles (Figure 19) qui représentent 78% des captures totales, et 95% des captures hors programme hirondelles.

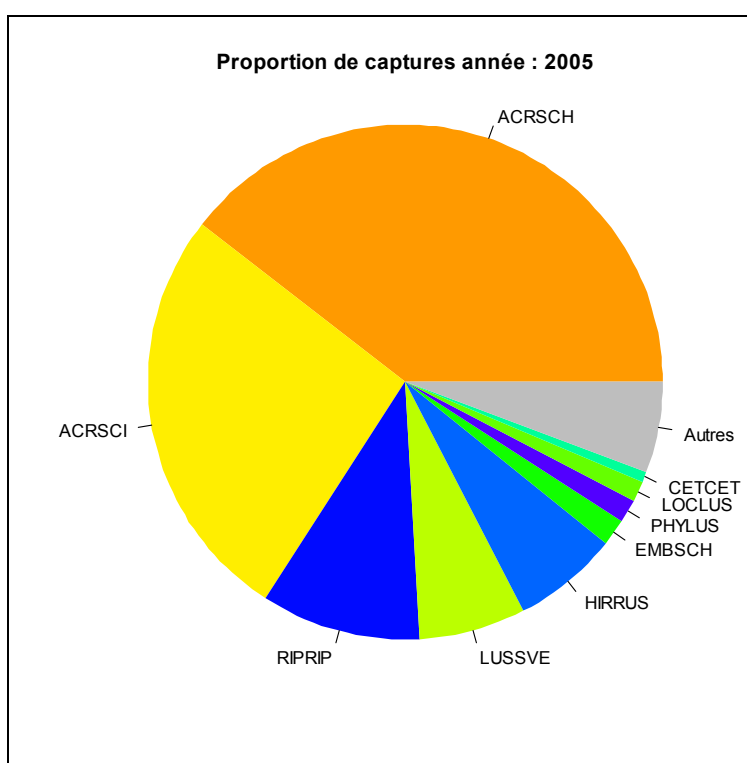


Figure 19 : Proportion de capture en 2005

Tableau 8 : Bilan de capture 2005 (jaune = espèce paludicole)

Espèce	Nombre baguages	Nombre individus	Sex-ratio	Age-ratio	Nombre baguages relatifs
ACRSCH	4 110	4 164		0,836	0,394
ACRSCI	2 758	2 782		0,93	0,264
RIPRIP	1 041	1 054		0,81	0,1
LUSSVE	707	709	0,266	0,956	0,068
HIRRUS	698	701	0,431	0,894	0,067
EMBSCH	178	178	0,583	0,909	0,017
PHYLUS	150	150		0,805	0,014
LOCLUS	136	137		0,964	0,013
CETCET	76	76	0,783	0,808	0,007
MOTFLA	62	62	0,5	0,885	0,006
LOCNAE	57	57		1	0,005
SYLCOM	53	53		0,981	0,005
ACRARU	45	47	0	0,936	0,004
ACROLA	39	39		0,846	0,004
HIPPOL	32	32		0,969	0,003
PRUMOD	31	32		0,323	0,003
TURMER	29	30	0,538	0,8	0,003
PANBIA	26	26	0,423	0,923	0,002
PARCAE	23	24	0,25	0,913	0,002
CARCAN	22	22	0,615	0,818	0,002
LUSMEG	22	23		0,864	0,002
STUVUL	21	21	0,5	0,905	0,002
LANCOL	20	20	0,5	0,75	0,002
CARCHL	14	14	0,615	0,286	0,001
SAXTOR	11	11	0,5	1	0,001
SYLBOR	11	11		0,909	0,001
SAXRUB	10	10	0,111	1	0,001
CISJUN	8	8	0,667	1	0,001
FALTIN	8	8	0,6	0,625	0,001
ALCATT	7	7	0,833	1	0,001
PARMAJ	7	7		1	0,001
TURPHI	7	7	1	0,571	0,001
ALAARV	6	6	1	0,833	0,001
PHYCOL	5	5		1	0
MILCAL	2	2	1	1	0
SYLATR	2	2		1	0
TRIOCH	2	2		0	0
ACCNIS	1	1	1	0	0
CIRPYG	1	1	1	0	0
COTCOT	1	1			0
ERIRUB	1	1		1	0
JYNTOR	1	1		1	0
MOTALB	1	1		1	0
OENOE	1	1		1	0
TROTRO	1	1		1	0
<b>BILAN</b>	<b>10 444</b>	<b>10 547</b>	<b>0,37</b>	<b>0,801</b>	<b>1</b>

### 3.1.4 2006

En 2006, l'ACROLA a réalisé un camp de baguage de 38 jours du 26 juillet au 1<sup>er</sup> septembre inclus. Lors de cette session 45 espèces ont été capturées, parmi 5 639 individus. On peut noter un sex-ratio équilibré (0,48) pour l'ensemble des individus. L'âge-ratio est par contre très déséquilibré (0,85) avec moins d'un adulte pour 4 jeunes (Tableau 9).

95% des individus capturés appartiennent à seulement 11 espèces : le Phragmite des joncs, la Rousserolle effarvate, l'Hirondelle rustique, la Gorgebleue à miroir, l'Hirondelle des rivages, la Locustelle luscinoïde, la Fauvette grisette, le Bruant des roseaux, le Pouillot fitis, la Locustelle tachetée et le Phragmite aquatique. Le Phragmite des joncs est l'espèce qui domine très nettement avec 51% des captures. Enfin, nous devons remarquer que parmi les 9 espèces les plus représentées dans le bilan annuel nous trouvons 5 espèces de fauvettes paludicoles (Figure 20) qui représentent de 84% des captures totales, et 95% des captures hors programme hirondelles.

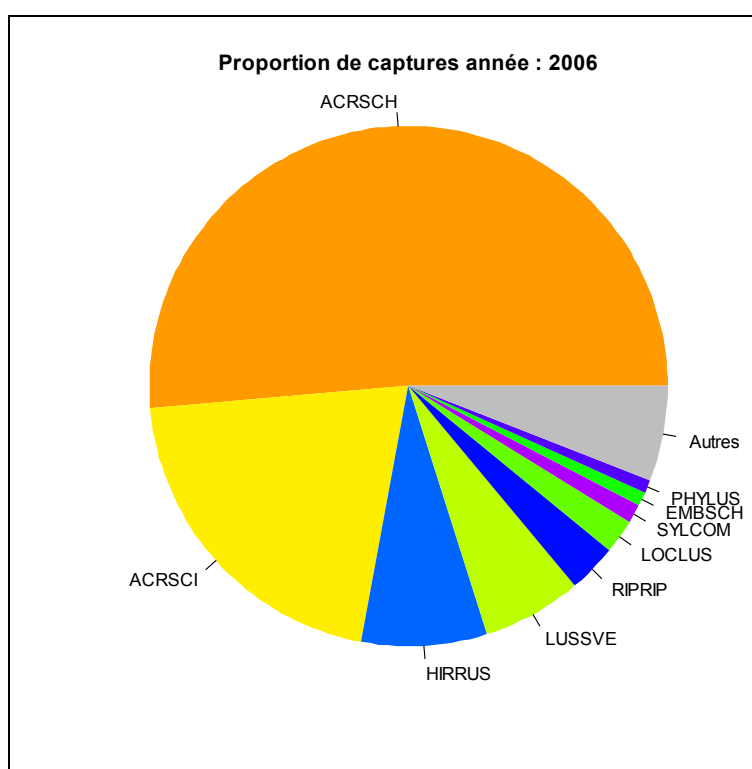


Figure 20 : Proportion de capture en 2006

Tableau 9 : Bilan de capture 2006 (jaune = espèce paludicole)

Espèce	Nombre baguages	Nombre individus	Sex-ratio	Age-ratio	Nombre baguages relatifs
ACRSCH	2 861	2 895		0,856	0,513
ACRSCI	1 152	1 168		0,909	0,207
HIRRUS	441	443	0,514	0,894	0,079
LUSSVE	343	348	0,324	0,874	0,062
RIPRIP	171	171		0,784	0,031
LOCLUS	118	118		0,941	0,021
SYLCOM	68	69	1	0,942	0,012
EMBSCH	47	47	0,5	0,979	0,008
PHYLUS	46	46		0,804	0,008
LOCNAE	44	44		0,977	0,008
ACROLA	39	40		0,925	0,007
CETCET	35	35		0,971	0,006
ACRARU	20	21		0,857	0,004
CARCHL	15	15	0,533	0,333	0,003
HIPPOL	14	14		1	0,003
SYLBOR	14	14		1	0,003
LANCOL	12	12	0	0,917	0,002
MOTFLA	11	11	0,2	0,545	0,002
PRUMOD	11	13		0,538	0,002
SAXRUB	11	11	0,25	0,909	0,002
STUVUL	11	11	0,143	0,909	0,002
CARCAN	10	10	1	1	0,002
PANBIA	10	10	0,5	1	0,002
ERIRUB	8	8		0,75	0,001
SAXTOR	8	8	0,333	0,875	0,001
CISJUN	7	7	1	0,714	0,001
TURMER	7	8	0,625	0,625	0,001
MILCAL	6	6		0,833	0,001
PARCAE	6	7	1	0,571	0,001
PARMAJ	4	4	0,5	1	0,001
SYLATR	4	4	0,333	1	0,001
JYNTOR	3	3		0,667	0,001
TURPHI	3	3		0,667	0,001
ALAARV	2	2	1	1	0
PHYCOL	2	2		1	0
ACCNIS	1	1	1	1	0
ALCATT	1	1	0	1	0
ANTTRI	1	1		1	0
LUSMEG	1	2		0,5	0
OENOEN	1	1		1	0
PASDOM	1	1		1	0
PASMON	1	1		1	0
PHOOCH	1	1		1	0
PORPUS	1	1		1	0
UPUEPO	1	1		1	0
<b>BILAN</b>	<b>5 574</b>	<b>5 639</b>	<b>0,477</b>	<b>0,849</b>	<b>1</b>

### 3.1.5 2007

En 2007, l'ACROLA a réalisé un camp de baguage de 36 jours du 22 juillet au 26 août inclus. Lors de cette session 46 espèces ont été capturées, parmi 9 135 individus. On peut noter un sex-ratio déséquilibré en faveur des mâles (0,38) pour l'ensemble des individus. L'âge-ratio est par contre très déséquilibré (0,81) avec un adulte pour 4 jeunes (Tableau 10).

95% des individus capturés appartiennent à seulement 10 espèces : le Phragmite des joncs, la Rousserolle effarvatte, l'Hirondelle rustique, l'Hirondelle des rivages, la Gorgebleue à miroir, la Locustelle luscinoïde, le Pouillot fitis, le Bruant des roseaux, la Bouscarle de Cetti et la Fauvette. Le Phragmite des joncs est l'espèce qui domine très nettement avec 48% des captures. Enfin, nous devons remarquer que parmi les 9 espèces les plus représentées dans le bilan annuel nous trouvons 5 espèces de fauvettes paludicoles (Figure 21) qui représentent de 74% des captures totales, et 94% des captures hors programme hirondelles.

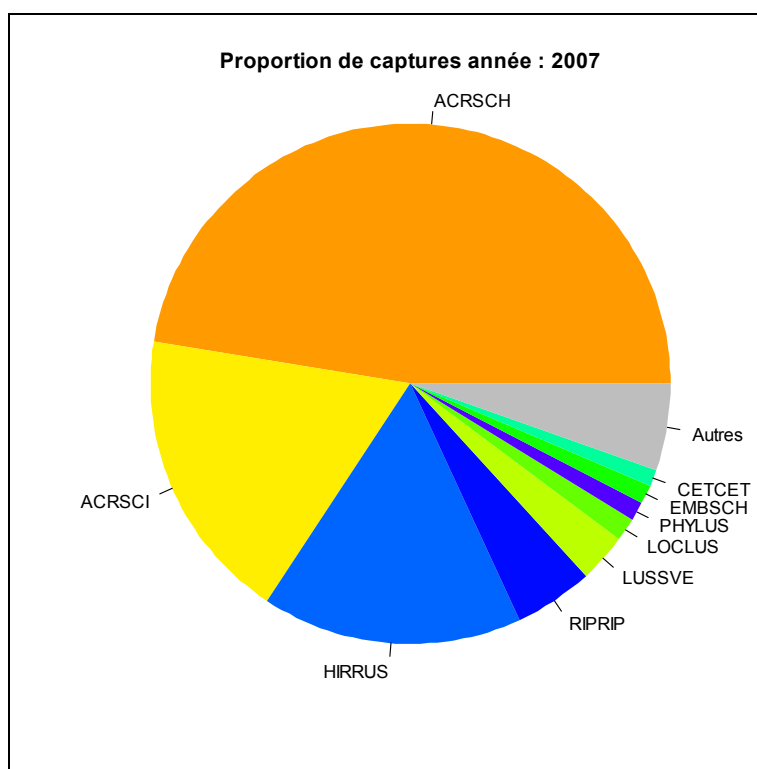


Figure 21 : Proportion de capture en 2007

Tableau 10 : Bilan de capture 2007 (jaune = espèce paludicole)

Espèce	Nombre baguages	Nombre individus	Sex-ratio	Age-ratio	Nombre baguages relatifs
ACRSCH	4 283	4 333		0,876	0,476
ACRSCI	1 618	1 669		0,737	0,18
HIRRUS	1 469	1 479	0,455	0,894	0,163
RIPRIP	440	446		0,668	0,049
LUSSVE	272	278	0,351	0,866	0,03
LOCLUS	127	129		0,953	0,014
PHYLUS	110	110		0,936	0,012
EMBSCH	106	107	0,477	0,76	0,012
CETCET	90	92	0,833	0,761	0,01
SYLCOM	57	57	1	0,912	0,006
ACROLA	53	53		0,943	0,006
PANBIA	49	50	0,429	0,789	0,005
STUVUL	36	36	0,182	0,914	0,004
PHYCOL	33	33		0,906	0,004
LOCNAE	24	25		0,96	0,003
PARCAE	17	17	0,571	0,875	0,002
PRUMOD	17	19		0,706	0,002
SYLBOR	17	17		0,938	0,002
CARCAN	16	16	0	0,875	0,002
MOTFLA	16	16	0	0,938	0,002
ERIRUB	15	15		0,786	0,002
SAXRUB	15	15	0,417	0,929	0,002
TURMER	15	16	0,667	0,75	0,002
ACRARU	11	11		0,727	0,001
HIPPOL	11	11		0,818	0,001
ALCATT	10	10	0,714	1	0,001
CARCHL	9	9	0,625	0,556	0,001
LUSMEG	8	8		0,857	0,001
TURPHI	8	8		0,75	0,001
CISJUN	7	7	0,571	0,429	0,001
LANCOL	7	8	0,5	0,5	0,001
JYNTOR	6	6		0,6	0,001
SAXTOR	5	6	0	0,667	0,001
REMPEN	4	5	0	0,2	0
FALTIN	3	3	1	0,667	0
TROTRO	3	3		0,667	0
FICHYP	2	2	0	1	0
PARMAJ	2	2		1	0
ANTTRI	1	1			0
CARCAR	1	1		1	0
FRICOE	1	1	1	1	0
MILCAL	1	1		1	0
MOTALB	1	1		1	0
REGIGN	1	1		1	0
SYLATR	1	1	0	1	0
SYLUND	1	1		1	0
<b>BILAN</b>	<b>8 999</b>	<b>9 135</b>	<b>0,375</b>	<b>0,807</b>	<b>1</b>

### 3.1.6 ANALYSE GLOBALE

#### 3.1.6.1 Bilan des captures sous la forme de tableau synthétique

Globalement de 2003 à 2007, l'ACROLA a réalisé 157 jours de capture. Durant ces 5 années 59 espèces ont été capturées, parmi 33529 individus. On peut noter un sex-ratio équilibré (0,46) pour l'ensemble des individus. L'âge-ratio est par contre très déséquilibré (0,8) avec un adulte pour 4 jeunes (Tableau 11). Cet âge-ratio est tout à fait attendu lors d'une migration postnuptiale. En effet chaque couple d'adultes a produit environ 10 jeunes individus. 95% des individus capturés appartiennent à seulement 10 espèces : le Phragmite des joncs, la Rousserolle effarvate, l'Hirondelle rustique, l'Hirondelle des rivages, la Gorgebleue à miroir, la Locustelle luscinoïde, le Bruant des roseaux, le Pouillot fitis, le Phragmite aquatique et la Bouscarle de Cetti. Le Phragmite des joncs est l'espèce qui domine très nettement avec 48% des captures. Enfin, nous devons remarquer que parmi les 9 espèces les plus représentées dans le bilan annuel nous trouvons 5 espèces de fauvettes paludicoles (Figure 22). Les 2 espèces d'hirondelles correspondent à un effort de capture particulier (capture à la tombée de la nuit) entrant dans un programme national. Ainsi, les espèces paludicoles représentent de 76% des captures totales, et 94% des captures hors programme hirondelles.

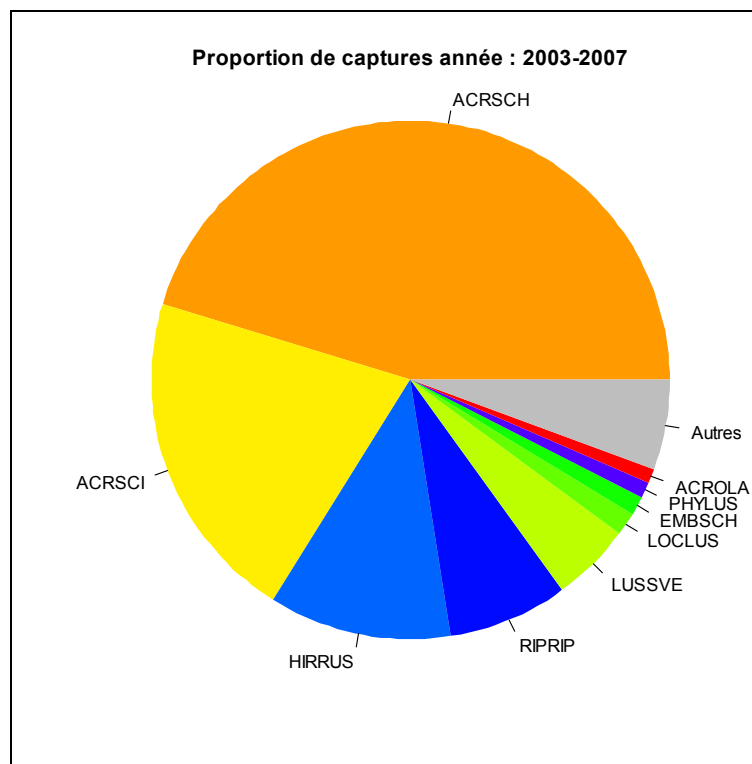


Figure 22 : Proportion de capture de 2003 à 2007

Tableau 11 : Bilan de capture 2003-2007 (jaune = espèces paludicoles)

Espèce	Nombre bagages	Nombre individus	Sex-ratio	Age-ratio	Nombre bagages relatifs
ACRSCH	15 003	15 183		0,867	0,451
ACRSCI	6 937	6 987		0,888	0,209
HIRRUS	3 808	3 818	0,469	0,897	0,115
RIPRIP	2 473	2 499		0,77	0,074
LUSSVE	1 645	1 652	0,317	0,915	0,049
LOCLUS	485	490		0,951	0,015
EMBSCH	387	387	0,525	0,877	0,012
PHYLUS	346	346		0,841	0,01
ACROLA	277	279		0,882	0,008
CETCET	232	232	0,75	0,845	0,007
SYLCOM	214	214	0,8	0,935	0,006
LOCNAE	141	142		0,986	0,004
PANBIA	141	141	0,441	0,936	0,004
MOTFLA	107	107	0,421	0,858	0,003
STUVUL	104	104	0,436	0,932	0,003
ACRARU	92	94		0,904	0,003
PRUMOD	79	79		0,553	0,002
TURMER	73	74	0,5	0,743	0,002
CARCHL	66	66	0,613	0,409	0,002
CARCAN	64	64	0,679	0,859	0,002
HIPPOL	59	59		0,949	0,002
PARCAE	59	60	0,526	0,845	0,002
LANCOL	56	56	0,5	0,804	0,002
PHYCOL	53	53		0,923	0,002
SYLBOR	43	43		0,952	0,001
SAXRUB	40	40	0,303	0,897	0,001
LUSMEG	36	36		0,853	0,001
SAXTOR	35	35	0,222	0,886	0,001
CISJUN	25	25	0,733	0,75	0,001
ERIRUB	25	25		0,792	0,001
ALCATT	21	21	0,625	0,952	0,001
TURPHI	19	19		0,684	0,001
PARMAJ	13	13	0,5	1	0
JYNTOR	12	12		0,727	0
FALTIN	11	11	0,714	0,636	0
MILCAL	9	9	1	0,889	0
ALAARV	8	8		0,875	0
SYLATR	7	7	0,25	1	0
REMPEN	5	6		0,333	0
TROTRO	4	4		0,75	0
CARCAR	3	3		1	0
FICHYP	3	3	0	1	0
ACCNIS	2	2	1	0,5	0
ANTTRI	2	2		1	0
MOTALB	2	2		1	0
OENOEN	2	2		1	0
PORPUS	2	2	1	0,5	0
TRIOCH	2	2		0	0
CIRPYG	1	1	1	0	0
COTCOT	1	1			0
FRICOE	1	1	1	1	0
PASDOM	1	1		1	0
PASMON	1	1		1	0
PHOOCH	1	1		1	0
PORPOR	1	1		1	0
RALAQU	1	1	1	0	0
REGIGN	1	1		1	0
SYLUND	1	1		1	0
UPUEPO	1	1		1	0
<b>BILAN</b>	<b>33 243</b>	<b>33 529</b>	<b>0,459</b>	<b>0,802</b>	<b>1</b>

### 3.1.6.2 Les espèces paludicoles

Le camp de baguage de Donges a augmenté son effort de capture entre 2003 et 2007, en augmentant notamment le nombre des jours de capture par an. Les conséquences de cette augmentation sur le nombre d'espèces capturées sont évidentes (Figure 23) passant de 33 espèces en 2003 à 46 espèces en 2007. Cependant, nous devons noter que le nombre d'espèces paludicoles capturées est toujours resté relativement constant entre 11 et 12 espèces. De plus, la proportion occupée par les espèces paludicoles dans les captures totales reste la même malgré un plus grand nombre d'espèces non paludicoles. Cette fraction fixe et importante d'espèces paludicoles capturées au camp de baguage de Donges montre que la roselière est réellement fréquentée de manière privilégiée par ces espèces et que le camp utilise les bonnes méthodes pour suivre leur migration.

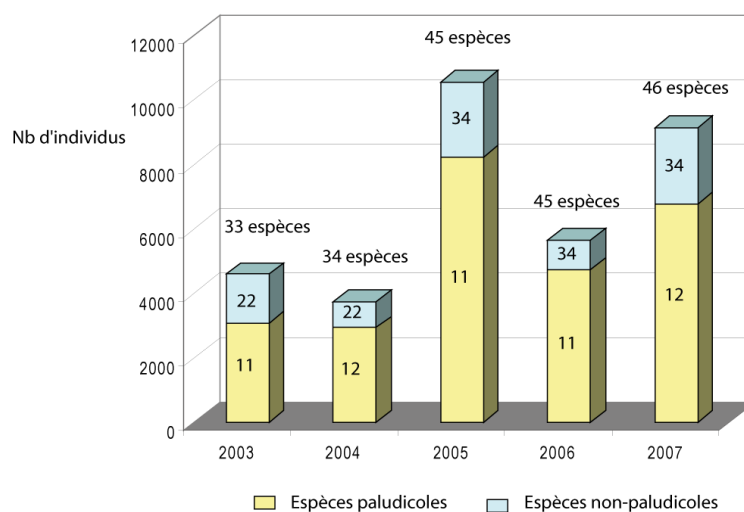


Figure 23: Proportion d'espèces paludicoles capturées de 2003 à 2007

Les quatre figures qui suivent illustrent les nombres d'individus bagués (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges. L'effort d'observation, présenté par la ligne verte, était moins important pendant les 2 premières années, mais a pratiquement doublé pour les années suivantes. Ainsi durant les années de 2005 à 2007, un effort de capture assez important et plutôt stable a été réalisé. En terme d'effectifs pour les 4 espèces analysées, les Phragmites des joncs (ACRSCH) sont les plus nombreux (Figure 24), suivis par les Rousserolles effarvates (ACRSCI, Figure 25) et les Gorgebleues à miroir (LUSSVE, Figure 26).

Les effectifs du Phragmite aquatique (ACROLA, Figure 50), bien que plus faibles que ceux des autres espèces analysées, représentent un pourcentage important (environ 20%) des individus capturés et bagués en France. Donges représente le 2<sup>e</sup> site en France sur les 25 qui capturent tous les automnes cet oiseau. Il faut rappeler que cette espèce est rare au niveau mondial.

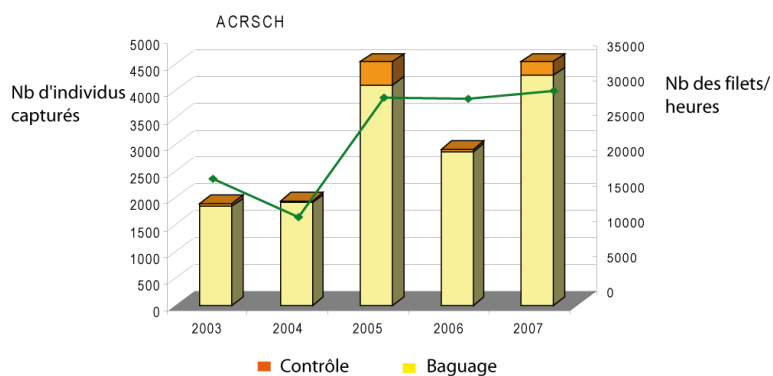


Figure 24 : Nombres d'individus bagués de *Phragmites des joncs* (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).

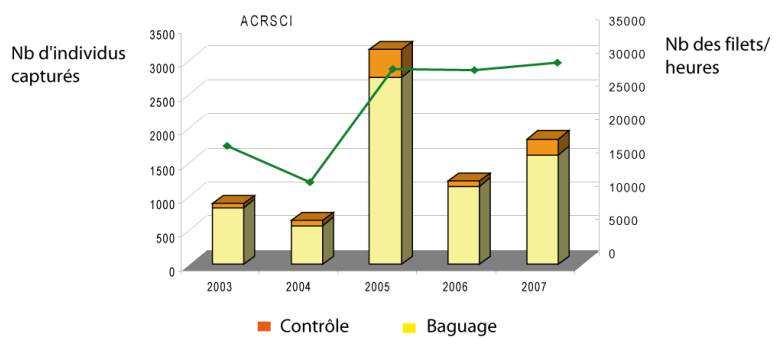


Figure 25 : Nombres d'individus bagués de *Rousserolles effarvates* (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).

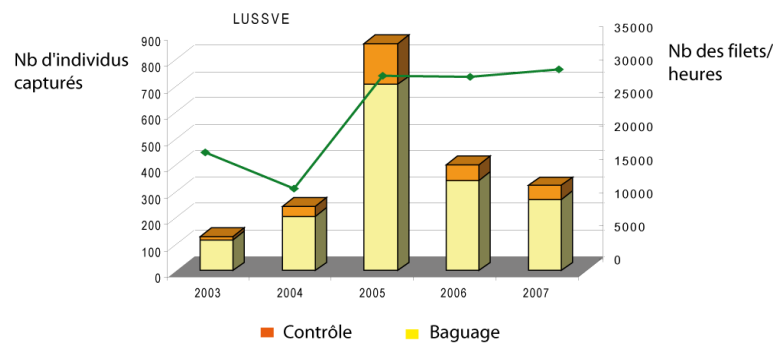


Figure 26 : Nombres d'individus bagués de Gorgebleues à miroir (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).

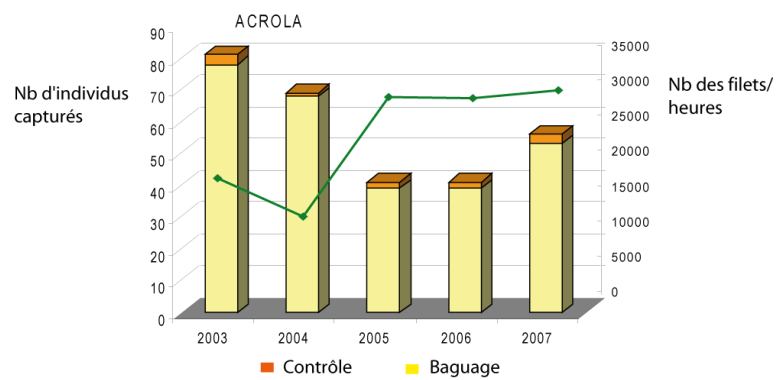


Figure 27 : Nombres d'individus bagués de Phragmites aquatiques (barres en jaune) et contrôlés (barres en orange) par an à Donges et l'effort d'observation (ligne verte).

### 3.1.6.3 Age-ratio

Le tableau ci-dessus (montre que l'âge-ratio est globalement supérieur à 0,8, indiquant une plus forte présence des jeunes par rapport aux adultes. Nous observons sur la Figure 1 qui montre l'évolution de l'âge ratio au cours des 5 années pour les 4 espèces cibles, que celui-ci varie entre 0,7 et 0,95 pour l'ensemble des espèces et pour l'ensemble des années. Nous pouvons également noter que l'évolution de l'âge-ratio de chaque espèce est différente et qu'une tendance interannuelle sur 5 ans ne peut être mise en évidence. En effet, l'étude de la variation temporelle d'un tel indicateur est possible en faisant l'hypothèse que nous capturons une part représentative de chaque classe d'âge. Or comme le montrent les 4 graphes suivants (Figure 29) pour chaque espèce l'âge-ratio évolue dans la saison montrant un passage plus précoce des adultes. Donc pour étudier ce phénomène il nous faut capturer tous les ans de fin juillet à fin août ce qui n'a pas été le cas pour les années 2003 et 2004.

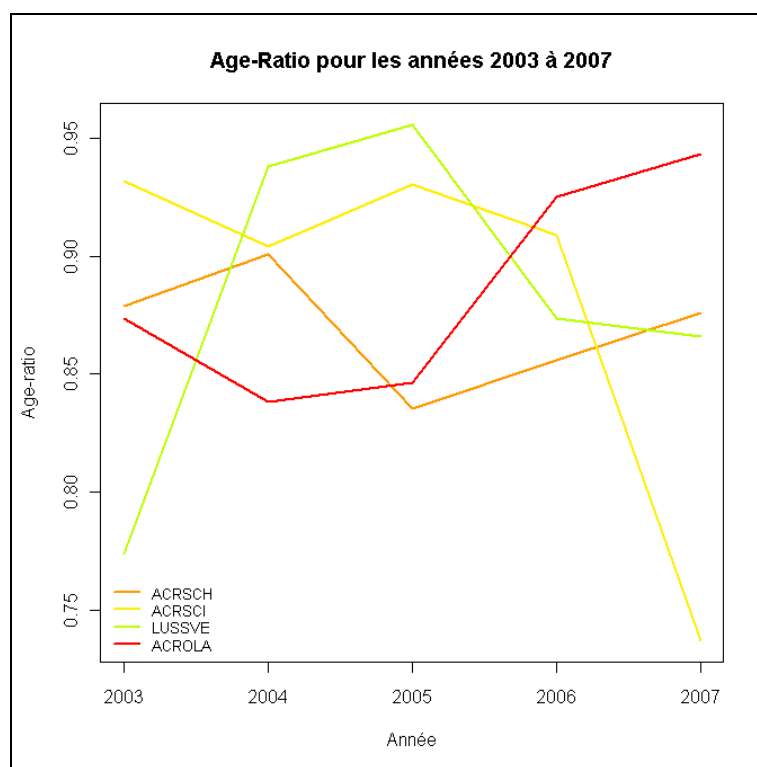


Figure 28 : Evolution interannuelle de l'âge ratio au cours des années 2003 à 2009 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvatte, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).

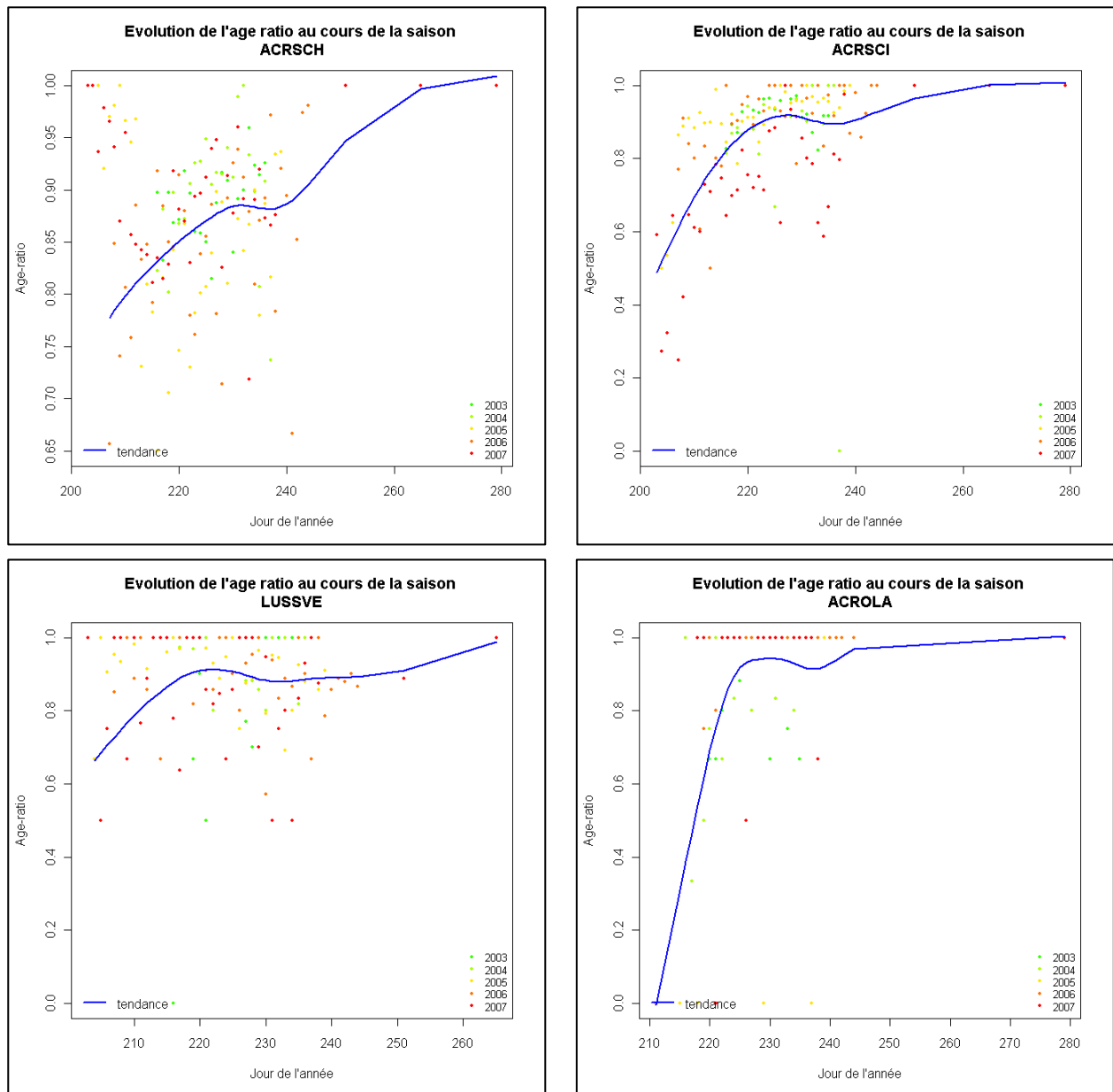


Figure 29 : Evolution de l'âge-ratio au cours de la saison pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA)

## 3.2 LA PHENOLOGIE DE MIGRATION

### 3.2.1 EVOLUTION TEMPORELLE AU SEIN DE CHAQUE ANNEE (INTRANNUELLE)

L'analyse du temps de séjour des oiseaux dans la roselière permet de corriger la phénologie de la migration. Ainsi nous pouvons observer sur les graphiques suivants le nombre d'individus par espèce simultanément présents dans la partie orientale de la roselière de Donges Est, prédit par le modèle de phénologie corrigée.

Ce que nous observons sur l'ensemble des graphiques suivant (Figure 30, Figure 31, Figure 32, Figure 33, Figure 34) est que chaque espèce a un calendrier propre de passage migratoire et que tous ces calendriers spécifiques subissent des variations interannuelles.

D'une manière générale deux espèces peuvent être définies comme précoces, il s'agit du Phragmite des joncs et de la Rousserolle effarvate, qui ont leur pic de passage vers le jour 220 (8 août). Ensuite le Phragmite aquatique est une espèce beaucoup plus tardive et nous notons en générale un pic de passage migratoire vers le jour 230 (18 août). Enfin, nous observons une variabilité interannuelle assez importante pour la Gorgebleue à miroir. Ainsi chez cette espèce les pics peuvent être précoces ou tardifs selon les années.

Cette méthode nous permet également de réaliser une estimation du nombre d'individus de chaque espèce présents au sein de la partie orientale de la roselière de Donges Est. Ainsi, nous constatons que lors de leur pic d'abondance (jour 218) en 2007, les Phragmites des joncs étaient plus de 1 300 individus à se nourrir dans roselière.

Cette analyse permet de justifier les dates d'ouverture et de fermeture du camp. Il semble en effet primordial que le camp de baguage soit actif au moins de fin juillet à fin août pour que le suivi des espèces soit efficace.

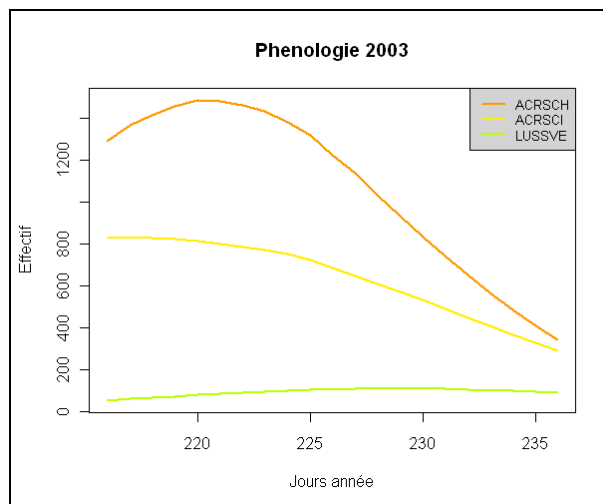


Figure 30 : Phénologie corrigée en 2003 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate et la Gorgebleue à miroir (LUSSVE).

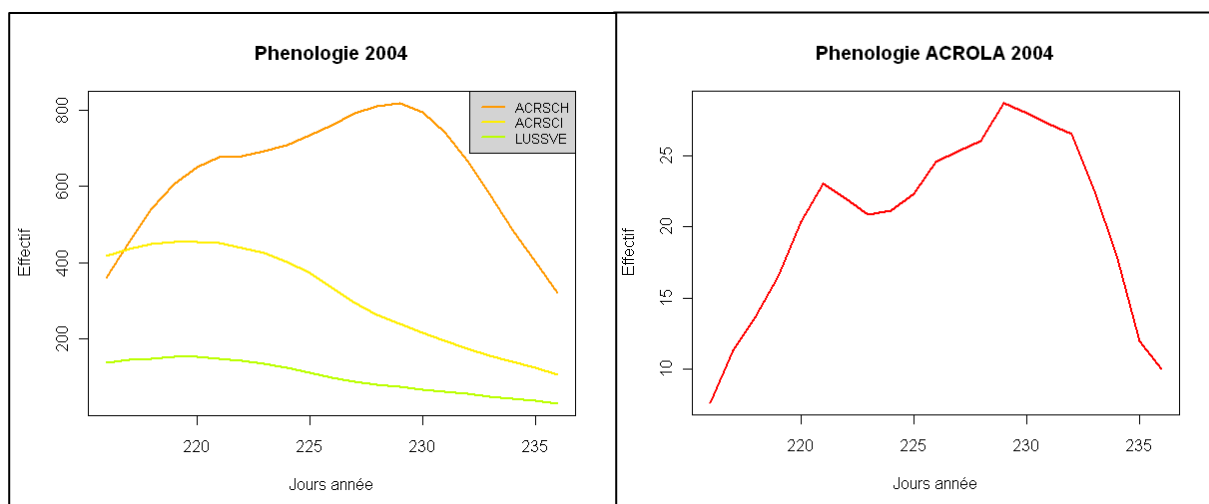


Figure 31: Phénologie corrigée en 2004 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).

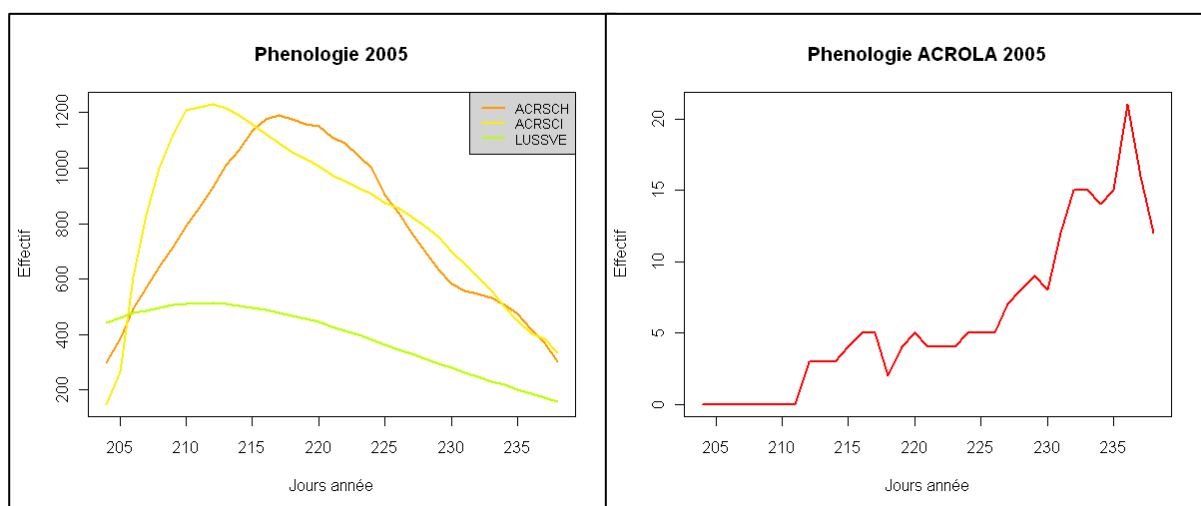


Figure 32: Phénologie corrigée en 2005 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).

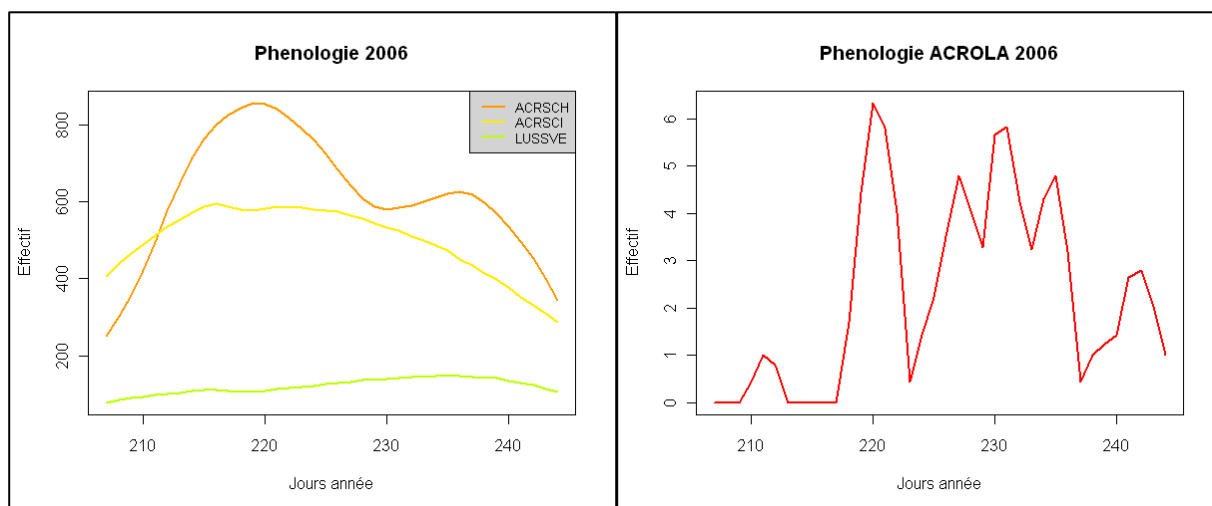


Figure 33: Phénologie corrigée en 2006 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).

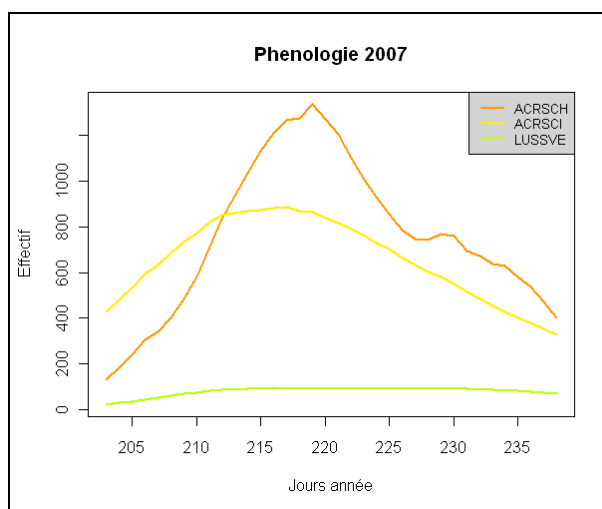


Figure 34: Phénologie corrigée en 2007 pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate et la Gorgebleue à miroir (LUSSVE).

### 3.2.2 EVOLUTION TEMPORELLE INTERANNUELLE

Afin d'estimer s'il y a un décalage de la phénologie de migration d'une année à l'autre, nous avons estimé la date médiane, à laquelle 50% des individus capturés l'ont déjà été, pour chaque année entre 2003 et 2007. Ensuite, nous avons calculé la tendance du décalage en termes de nombre de jours par an.

Les 4 figures ci-dessous (Figure 35, Figure 36, Figure 37, Figure 38) présentent l'évolution de cette médiane au cours des 5 années pour les 4 espèces étudiées, c'est-à-dire le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate (ACRSCI), la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA). Sur l'ensemble de ces graphes nous pouvons observer plusieurs phénomènes. Le premier, commun à toutes les espèces, est une forte variation d'une année à l'autre des médianes. Nous pouvons en effet plus précisément noter des années (comme l'année 2006) durant laquelle la migration semble être plus précoce et d'autres (comme l'année 2007) où elle semble être plus tardive. Le second, est une avancée d'environ un jour par an pour le Phragmite des joncs et la Rousserolle effarvate (Figure 35, Figure 36). Enfin, pour les deux autres espèces, la Gorgebleue à miroir et le Phragmite aquatique (Figure 37, Figure 38), aucun décalage de ma migration n'est observé sur ces 5 années d'études.

Nous avons donc essayé d'expliquer cette variabilité interannuelle en fonction des conditions climatiques.

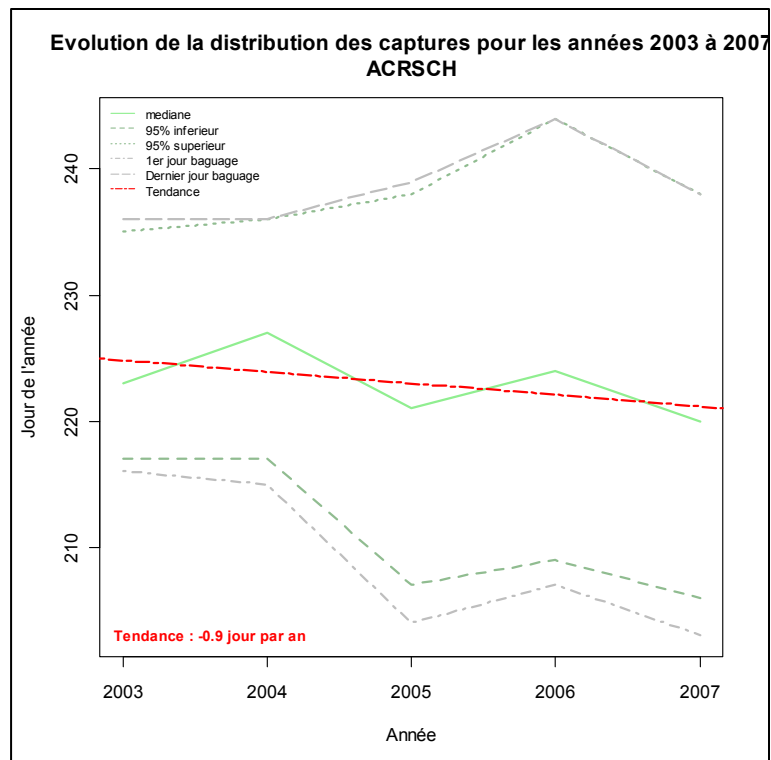


Figure 35 : Evolution de la distribution des captures de Phragmites des joncs pour les années 2003 à 2007.

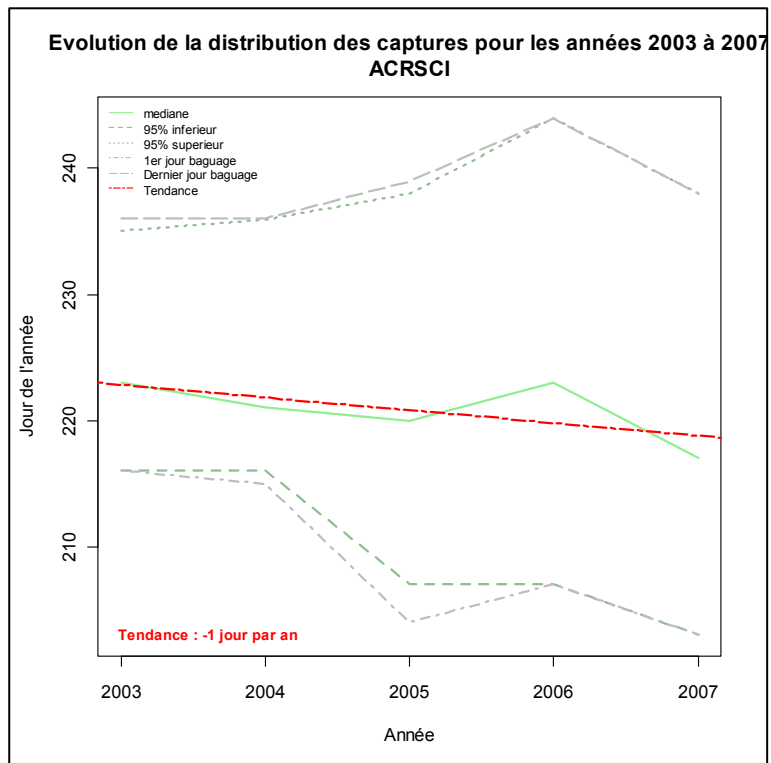


Figure 36 : Evolution de la distribution des captures de Rousserolles effarvates pour les années 2003 à 2007.

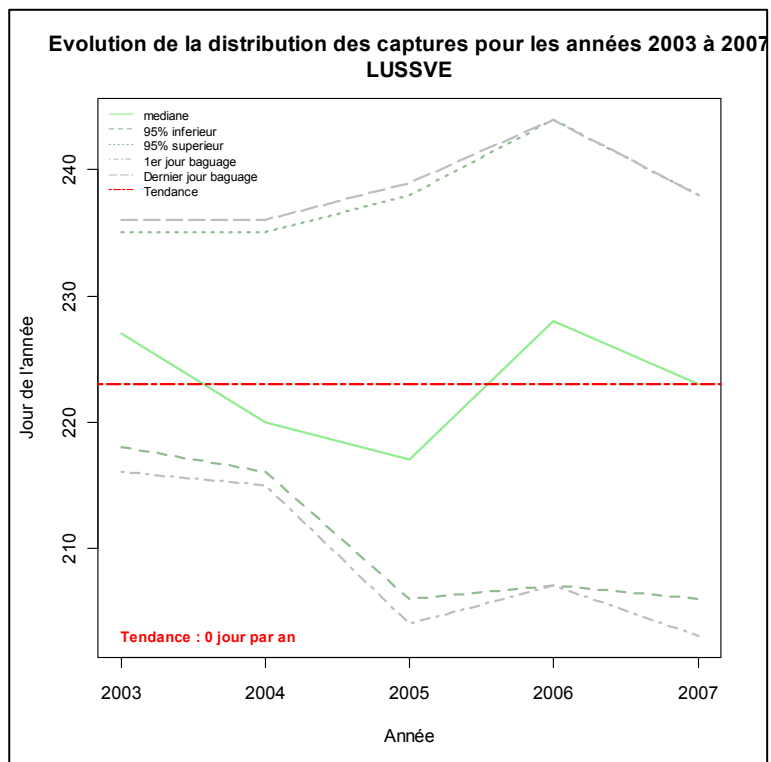


Figure 37 : Evolution de la distribution des captures de Gorgebleue à miroir pour les années 2003 à 2007.

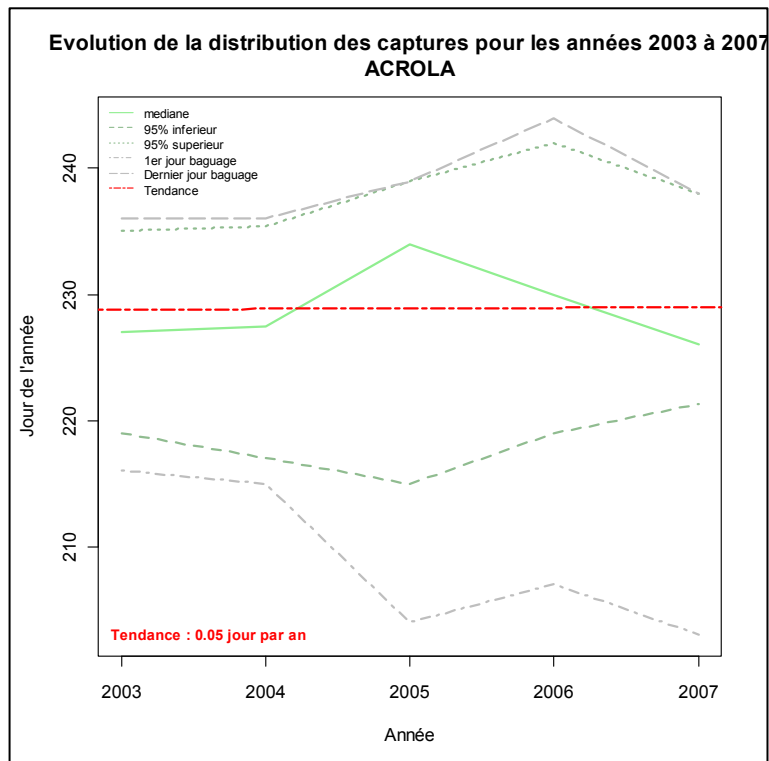


Figure 38 : Evolution de la distribution des captures de *Phragmites aquatiques* pour les années 2003 à 2007.

### 3.2.3 LE CLIMAT COMME FACTEUR EXPLICATIF

Le climat est souvent le facteur qui déclenche des phénomènes périodiques, tels que la migration des oiseaux, en déterminant la période pendant laquelle les conditions sont optimales pour assurer ce long voyage. Nous attendons que le climat puisse influencer la phénologie de la migration soit directement en influençant la rapidité du voyage, soit indirectement en influençant la disponibilité de nourriture. Nous attendons que durant des années chaudes avec un taux de précipitations bas la migration puisse être plus rapide et efficace. En effet ce type de météo caractérisée par l'absence de perturbation atmosphérique diminue la probabilité de vent fort et de vent contraire à la migration, et permet souvent des nuits claires qui favorisent la migration nocturne en permettant aux individus de mieux s'orienter. De plus, la disponibilité de nourriture lors des haltes migratoires peut être plus élevée pendant des années chaudes et sèches.

Pour étudier la présence d'éventuelles corrélations entre la phénologie et le climat, nous avons utilisé des facteurs qui décrivent des phénomènes météorologiques à l'échelle globale (NAO) et locale.

#### 3.2.3.1 Corrélations entre la phénologie et les conditions climatiques.

Dans un premier temps, nous avons étudié l'éventuel impact du NAO sur la phénologie de la migration. Le NAO décrit d'une façon générale les variations des températures et des précipitations qu'on observe en Europe du Nord. On attend que pendant les années où le NAO a des valeurs faibles, la circulation d'air est moins prononcée vers l'Europe du Nord engendrant un climat plus sec, avec des températures plus élevées. L'avantage d'utiliser cet indice est qu'il nous donne une estimation des conditions climatiques tout au long du voyage des oiseaux depuis leur site de départ (au nord de l'Europe) jusqu'à Donges. En plus, de nombreuses études ont montré que le NAO est corrélé aux conditions locales sur plusieurs endroits en Europe (Dickson *et al.*, 2000, Hurrell, 1995, Hurrell *et al.*, 2001, Visbeck *et al.*,

2001). Même si nous ne pouvons pas tester si les corrélations sont significatives entre le climat local à Donges et le NAO pour la période de cette analyse (à cause du faible nombre d'années,  $n=5$ ), nous notons que les tendances que nous observons entre le NAO et les précipitations à Donges vont dans le bon sens. Comme attendu donc pendant les années où le NAO a des faibles valeurs, les précipitations sont plus faibles (Figure 39).

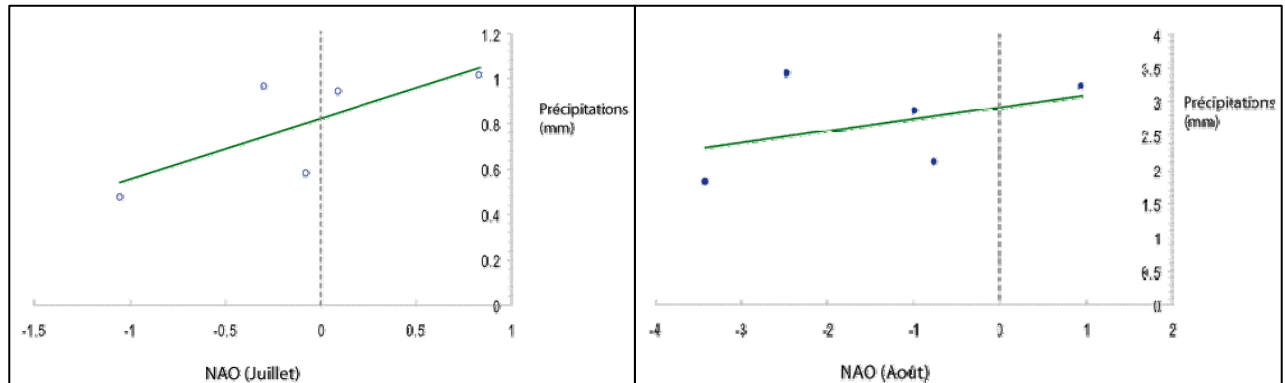


Figure 39 : Relation entre le NAO et les précipitations à Donges. À gauche précipitation et NAO d'un mois de juillet, à droite précipitation et NAO du mois d'août.

En comparant les variations annuelles de la phénologie et du NAO, nous notons une remarquable synchronisation (Figure 40). La migration semble varier d'une année à l'autre en fonction des conditions climatiques rencontrées par les oiseaux tout au long de leur voyage. Pour les quatre espèces analysées nous observons que la migration est plus précoce pendant les années où le NAO est plus faible. Ceci montre que durant les années plus chaudes où les vents et la pluie sont plus faibles, les oiseaux sont capables de parcourir le trajet jusqu'à Donges plus rapidement. Il faut noter que ces espèces voyagent pendant la nuit et pour s'orienter elles ont besoin des nuits claires, avec une faible circulation d'air. Ces conditions sont réunies pendant les années où le NAO est plus faible.

Nous observons des résultats similaires en comparant avec le niveau des précipitations à Donges durant la période où les espèces sont présentes sur le site (Figure 41). En effet, la migration semble être plus précoce pendant des années où le niveau des précipitations est plus bas. La disponibilité de nourriture doit être aussi liée à cette tendance. Nous attendons que la nourriture soit plus abondante pendant des années chaudes avec peu de vents et de pluie.

Pour conclure, cette analyse indique qu'il y a éventuellement une relation de cause à effet entre la phénologie de la migration et les conditions climatiques à l'échelle locale (à Donges) mais aussi globale (au nord de l'Europe). Si cette tendance est bien confirmée par les données des années suivantes, nous pensons que les indices climatiques peuvent servir comme un outil d'anticipation pour le camp de baguage, afin de pouvoir ajuster la période de baguage et l'effort d'observation autour du pic de la migration.

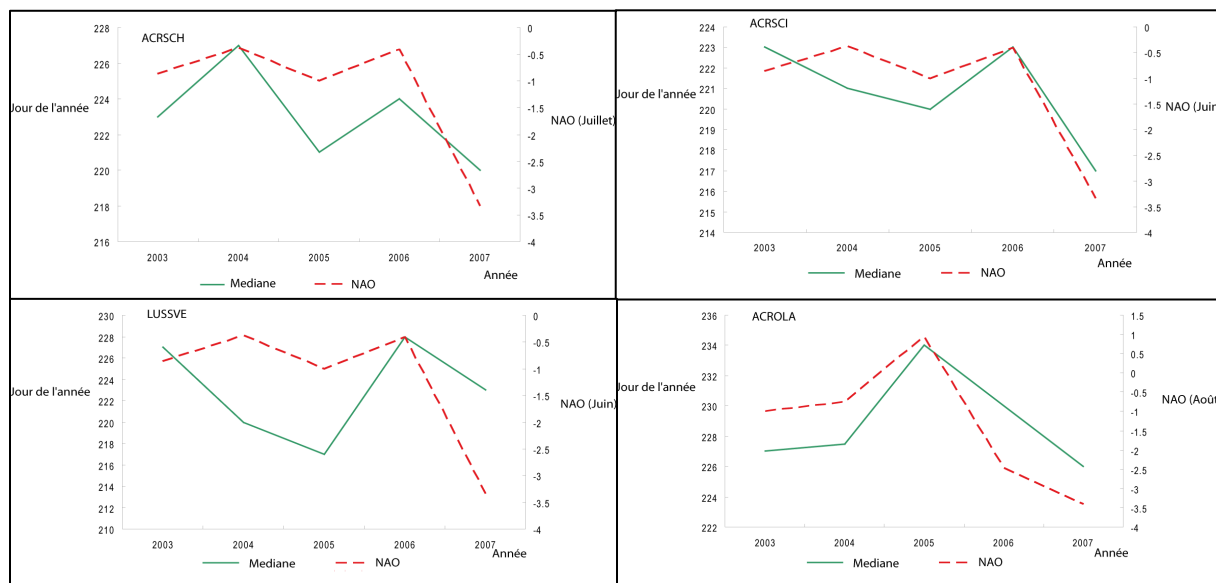


Figure 40 : Phénologie et NAO, comparaison de la médiane de la phénologie et l'indice de la NAO pour les années 2003 à 2007, pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).

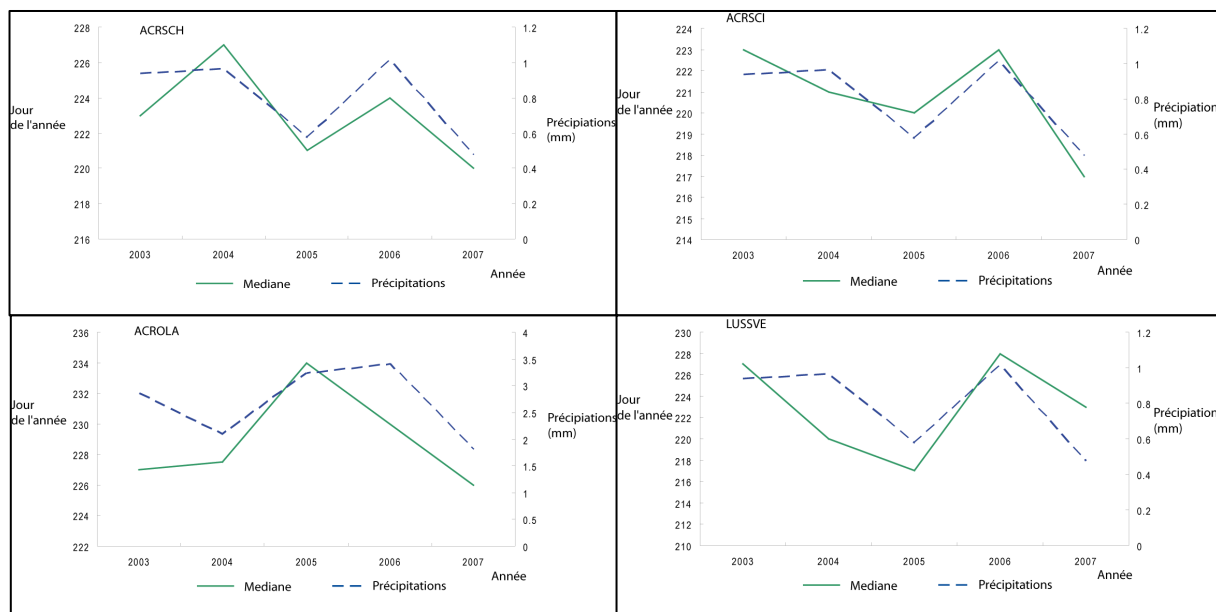


Figure 41 : Précipitations et NAO, comparaison de la médiane de la phénologie et les précipitations locales pour les années 2003 à 2007, pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).

### 3.3 DUREE DU SEJOUR SUR LE SITE ET PROBABILITES DE CAPTURE

#### 3.3.1 DUREE DU SEJOUR

Selon la théorie, la valeur relative d'un site de halte migratoire prédit le temps de halte des oiseaux (Péron *et al.*, 2007). Ainsi, réciproquement l'estimation de la durée de séjour des oiseaux au sein de la roselière de Donges permettra d'estimer la qualité du système écologique vis-à-vis de la migration. En effet, une très courte durée (d'1 jour par exemple) peut indiquer que les espèces n'utilisent pas la roselière pour renouveler leurs réserves énergétiques, étape indispensable afin d'assurer la suite du voyage jusqu'en Afrique. Nous avons donc estimé la durée du séjour pour chaque espèce en utilisant une méthode qui se base sur l'estimation du nombre probable des jours où un individu capturé est présent sur le site avant sa première capture et du nombre probable de jours où il est présent après sa dernière capture. Nous pouvons ainsi estimer plus précisément la vraie durée de séjour tout en prenant en compte notre capacité de suivre le phénomène de la migration.

Nous avons estimé la durée du séjour sur le site par espèces et par an. Nous observons que les Rousserolles effarvates (ACRSCI) stationnent environ 17 jours et les Gorgebleues à miroir (LUSSVE) 19 jours.

Les Phragmites des joncs (ACRSCH) restent en moyenne 7 jours dans la roselière (Figure 42). Cette espèce est résidente de la région et donc commence son voyage vers le sud à partir de Donges, ce qui explique les durées de séjour plus longues. Enfin, le Phragmite aquatique (ACROLA) reste en moyenne 7 jours à Donges.

Pour toutes les espèces nous observons donc que la durée de leur séjour à Donges est assez importante, d'une semaine à 19 jours. Ces résultats indiquent que la roselière sert en effet de halte migratoire importante dans la migration de ces espèces.

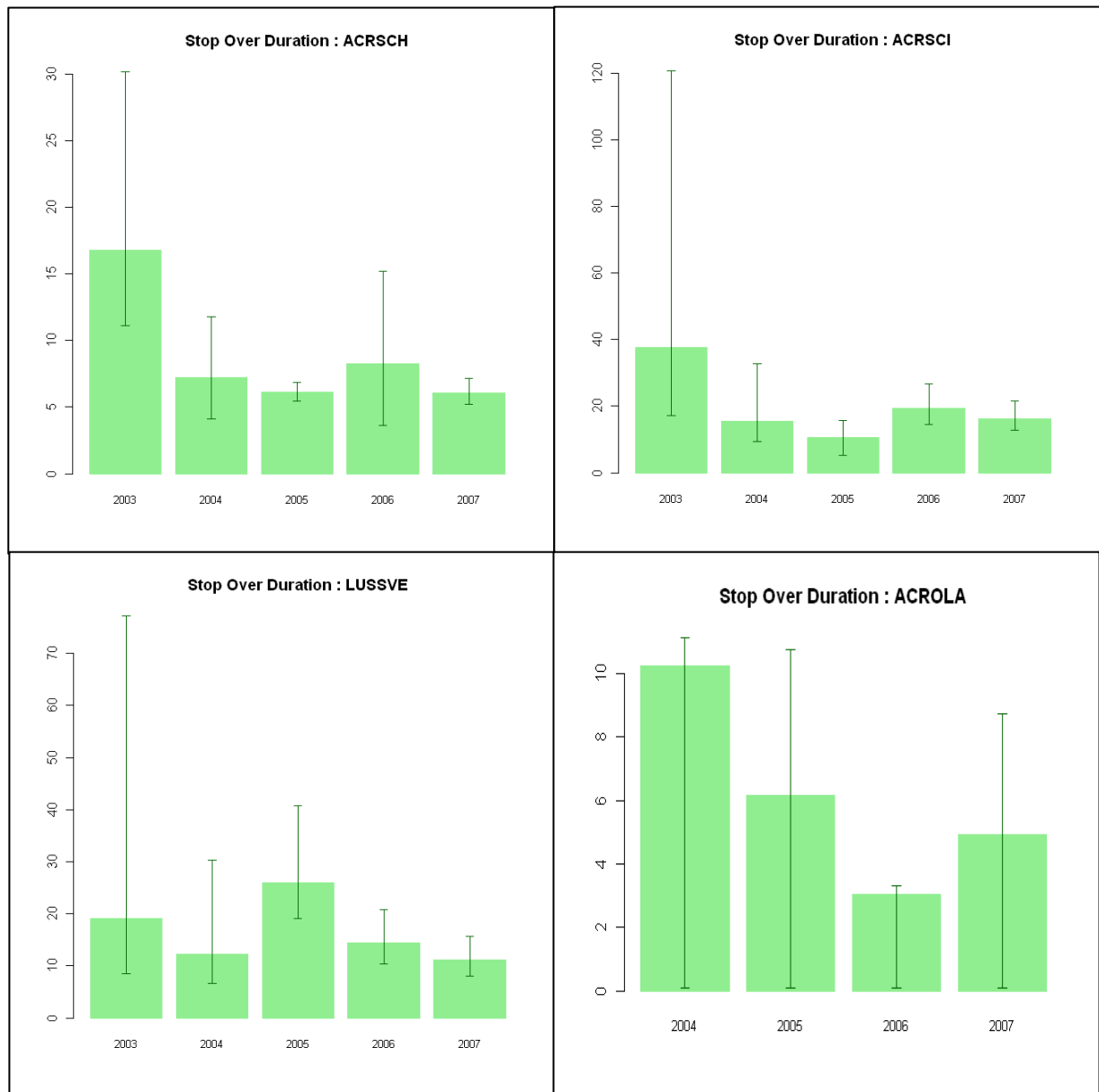


Figure 42 : Durée de séjour pour les années 2003 à 2007, pour le Phragmite des joncs (ACRSCH), la Rousserolle effarvate, la Gorgebleue à miroir (LUSSVE) et le Phragmite aquatique (ACROLA).

### 3.3.2 PROBABILITES DE CAPTURE

Les probabilités de capture étaient significativement différentes d'une année à l'autre pendant cette période de 5 ans. Nous avons aussi trouvé une variation intrannuelle, qui indique une variation de capture d'un jour à l'autre au sein de l'année. Cette variation intrannuelle était significative pour les Phragmites des joncs (ACRSCH) et pour les Rousserolles effarvates (ACRSCI). Nous avons donc ensuite utilisé l'effort de capture par jour et les conditions climatiques locales par jour (température et précipitations) comme facteurs explicatifs à cette variation. Les résultats de cette analyse sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 12 : Modèles testés et variation expliquée selon le facteur explicatif pour : a) les phragmites des joncs et b) les rousserolles effarvates.  
 $\varphi$  : probabilité d'émigration et  $p$  : probabilité de capture

#### a. Phragmite des joncs (ACRSCH)

Modèle	Variation expliquée	
$\varphi$ (année) $p$ (jour * année)		
$\varphi$ (année) $p$ (année * Températures moyennes)	13.8	$p < 0.0001$
$\varphi$ (année) $p$ (année * Effort de capture)	24.4	$p < 0.0001$
$\varphi$ (année) $p$ (année * Précipitations)	5.5	$p = 0.051$

#### b. Rousserolle effarvate (ACRSCI)

Modèle	Variation expliquée	
$\varphi$ (année) $p$ (jour * année)		
$\varphi$ (année) $p$ (année * Températures moyennes)	18.7	$p < 0.0001$
$\varphi$ (année) $p$ (année * Effort de capture)	17.5	$p < 0.0001$
$\varphi$ (année) $p$ (année * Précipitations)	-	n.s.

Nous observons qu'une partie importante de la variation de capture interannuelle est expliquée par l'effort de capture journalier pour les deux espèces (24.4% pour les phragmites des joncs (ACRSCH) et 17.5% pour les rousserolles effarvates (ACRSCI)). Nous notons aussi que les températures moyennes mensuelles sur le site expliquent une partie importante de la variation journalière de capture avec 13.8% expliquée pour les phragmites des joncs (ACRSCH) et 18.7% pour les rousserolles effarvates (ACRSCI).

Nous concluons que l'effort de capture et les conditions climatiques peuvent influencer notre capacité à suivre les espèces en migration.

Les espèces migratrices transsahariennes telles que les fauvelles paludicoles étudiées ici, réalisent un long voyage en quelques semaines. Afin de réaliser cette migration, ces petites espèces (10 grammes) ont régulièrement besoin de renouveler leur réserve énergétique. Lors des haltes migratoires ces espèces sont capables de pratiquement doubler leur poids, ce qui va leur permettre de réaliser des trajets de plus de 300 km en une seule traite. D'une façon générale, nous attendons qu'à leur arrivée dans la roselière les individus qui se servent du site comme d'une halte migratoire n'auront pratiquement pas de graisse. L'objectif des oiseaux est de regagner rapidement du poids afin de pouvoir poursuivre leur voyage. L'intérêt de leur séjour dans la roselière est d'y trouver de la nourriture et pour cela ils vont y réaliser une prospection alimentaire active. Nous attendons donc que l'échantillon d'individus capturés sera

composé principalement d'individus maigres sans réserves de graisse qui étant très actifs ont une probabilité de capture importante. Le peu d'individus qui arrivent dans la roselière avec des réserves importantes ont intérêt à repartir peu après leur arrivée et nous avons peu de chance de les capturer. Enfin nous attendons qu'un petit nombre d'individus qui ont des réserves de graisse vont les perdre pendant leur séjour, parce qu'ils sont moins compétitifs à la recherche de nourriture par exemple et qu'ils sont donc obligés de rester dans la roselière pour regagner du poids avant de partir. Ces hypothèses sont présentées sur le schéma suivant.

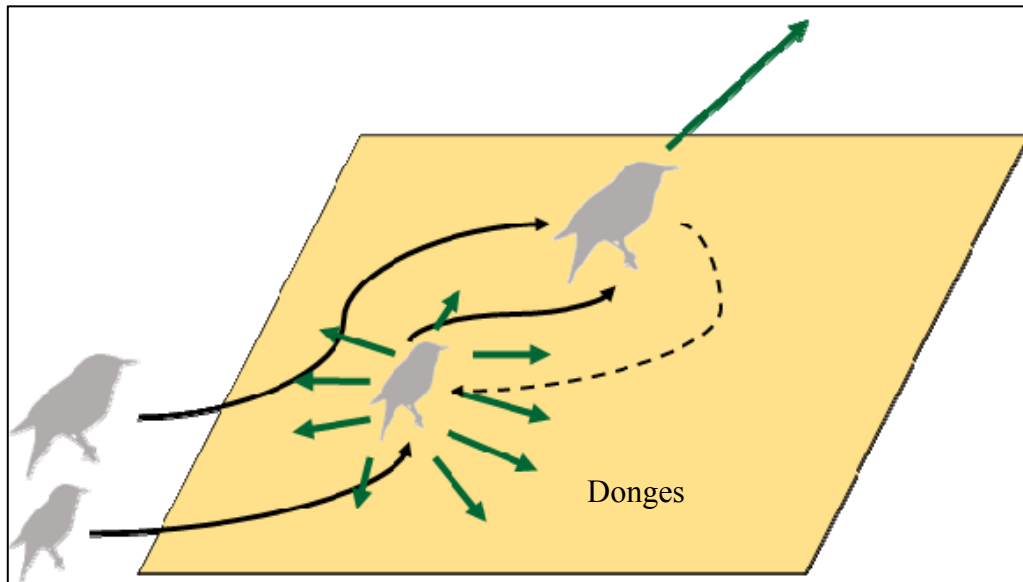


Figure 43 : Scénario du comportement de prise de poids au sein de la roselière de Donges.

Pour tester ces hypothèses nous avons effectué une analyse de Capture-Marquage-Recapture en prenant en compte l'état de graisse (adiposité) des individus. Nous avons donc distingué 2 états : l'état A pour les individus qui n'ont pas de réserves et l'état B pour les individus qui ont des réserves importantes. Cette analyse était possible pour les phragmites des joncs (ACRSCH) et les rousserolles effarvattes (ACRSCI) pour lesquelles nous avons suffisamment de données.

Les résultats de cette analyse ont montré que pour les deux espèces, la probabilité de capturer des individus d'adiposité B est quasiment nulle. Par contre, comme attendu, la probabilité de capturer des individus sans réserves (adiposité A) est bien supérieure et elle varie d'une année à l'autre (Figure 44 et Figure 45).

Nous notons que pour les Phragmites des joncs (ACRSCH), la probabilité de capture était plus élevée pendant les années 2005 et 2007. Cette différence peut être expliquée par le nombre élevé d'individus capturés pendant ces deux années (pour plus d'information, voir la Figure 24 partie 3.1.6.2). La probabilité qu'un individu ait changé d'état lorsqu'il est recapturé est de 49%.

Nous avons obtenu des résultats similaires pour les rousserolles effarvattes (ACRSCI). Les probabilités de capture varient selon les années pour les individus de l'adiposité A. Nous observons une augmentation pour les années 2003 à 2005, une baisse pour l'année 2006 et encore une augmentation pour l'année 2007. Ces différences en termes de probabilités de capture sont aussi liées au nombre d'individus capturés chaque année (pour plus d'information, voir la Figure 25 de la partie 3.1.6.2). La probabilité qu'un individu ait changé d'état lorsqu'il est recapturé est de 40%.

Nous concluons donc qu'en effet, nous avons plus de chance de capturer des individus maigres sans réserves de graisse, parce que ce sont eux qui sont les plus actifs pendant leur séjour dans la roselière, et qui circulent plus à la recherche de leur nourriture. Bien évidemment, cette probabilité dépendra aussi du nombre d'individus présents dans la roselière. Nous observons en effet que pendant des années où l'abondance est plus importante, nous avons des probabilités de capture plus élevées.

Enfin, cette analyse met en évidence l'importance de la roselière pour le renouvellement des réserves énergétiques de ces espèces. Une analyse supplémentaire sur la disponibilité de nourriture selon la période et l'année serait nécessaire afin d'avoir une meilleure compréhension de ce mécanisme important pour assurer le phénomène de la migration.

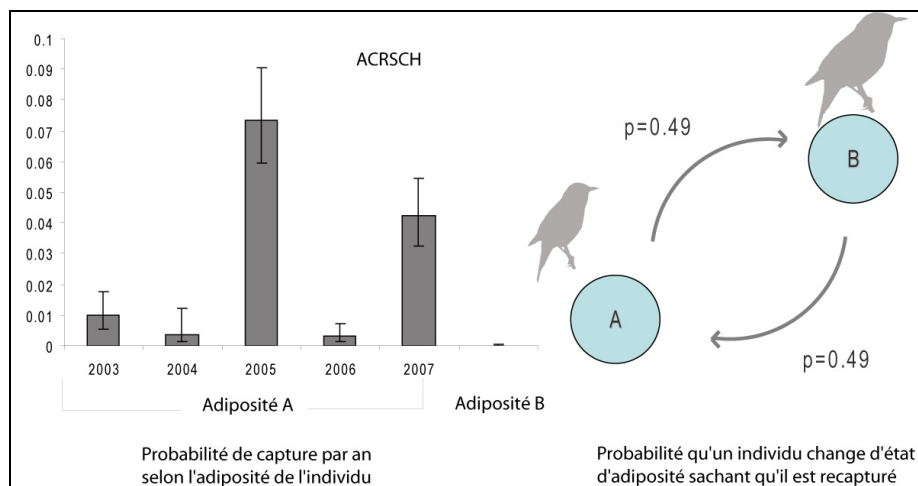


Figure 44 : Phragmite des joncs (ACRSCH) : Estimations de probabilités de capture et de changement d'état d'adiposité.

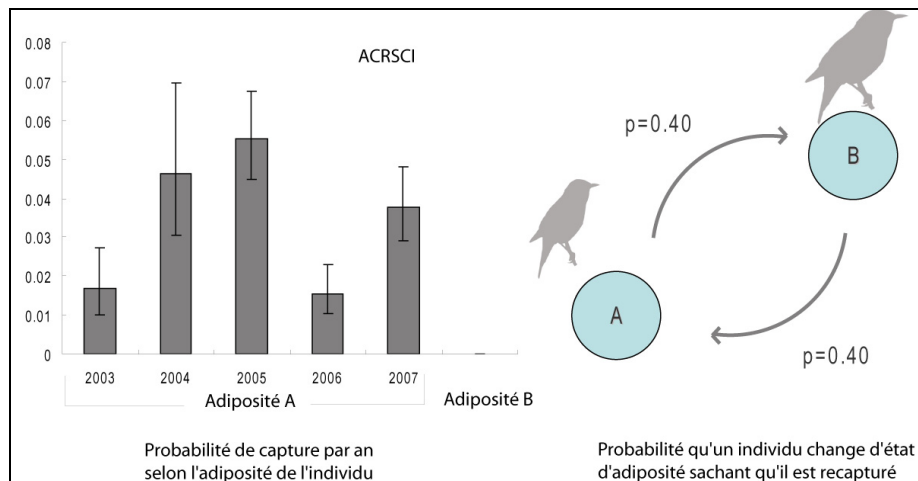


Figure 45 : Rousserolle effarvate (ACRSCI) : Estimations de probabilités de capture et de changement d'état d'adiposité.

### 3.4 DONGES UN SITE REMARQUABLE A L'ECHELLE NATIONALE ET INTERNATIONALE

#### 1) Au niveau national

Le suivi atlantique de la migration des espèces paludicoles est assuré par un grand nombre des camps de baguage (Figure 46) qui pendant les mois de juillet à septembre baguent en roselière les oiseaux capturés grâce à la méthode de la repasse.



Figure 46: Emplacement des camps de baguage français qui suivent sur la façade atlantique la migration postnuptiale.

Donges figure parmi les sites de baguage les plus importants grâce aux nombres élevés d'individus capturés chaque année. Ainsi de 2003 à 2007 on note qu'en moyenne 18 % des Phragmites des joncs (ACRSCH) bagués en France le sont à Donges (Figure 47), et que 8 % des Rousserolles effarvates bagués en France le sont à Donges (Figure 48). La proportion des Gorgebleues à miroir est très variable passant de 7,2 % pour 2003 à 49,4 % en 2005. En moyenne 23 % des Gorgebleues à miroir bagués en France le sont à Donges (Figure 49). Enfin, il est intéressant de noter que quelle que soit l'année, une proportion importante des phragmites aquatiques bagués en France (environ 20%) sont bagués à Donges (Figure 50), et cela indépendamment de l'année et de l'effort de capture.

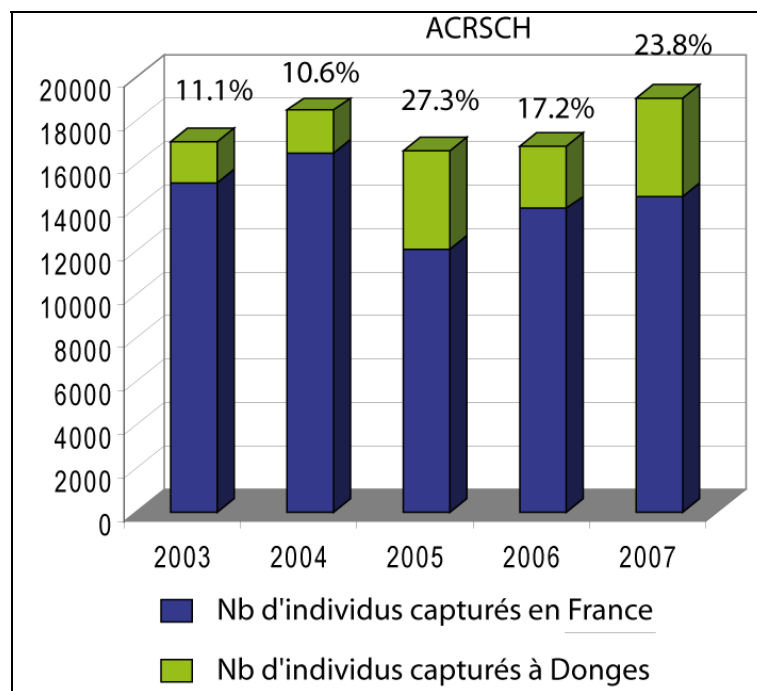


Figure 47 : Proportion nationale des phragmites des joncs capturés à Donges

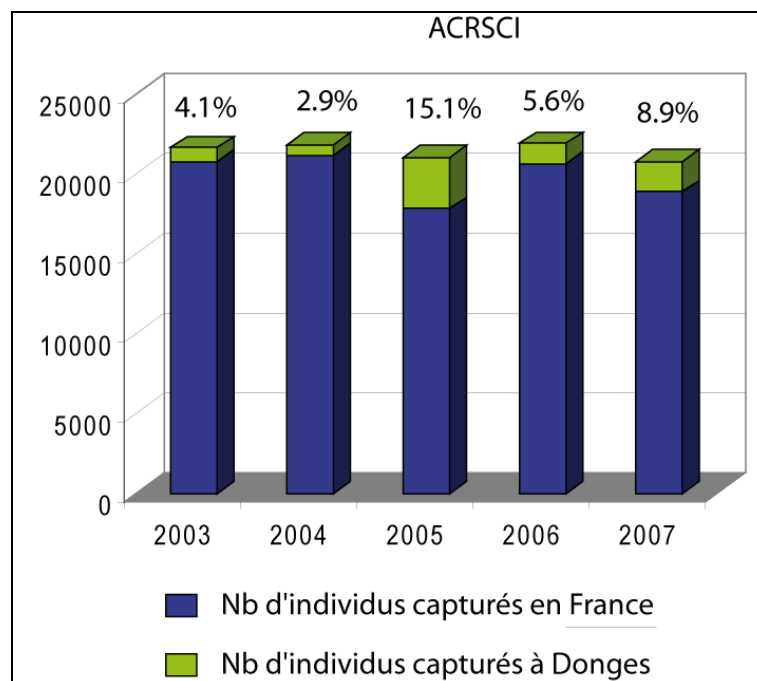


Figure 48 : Proportion nationale des rousserolles effarvates capturés à Donges

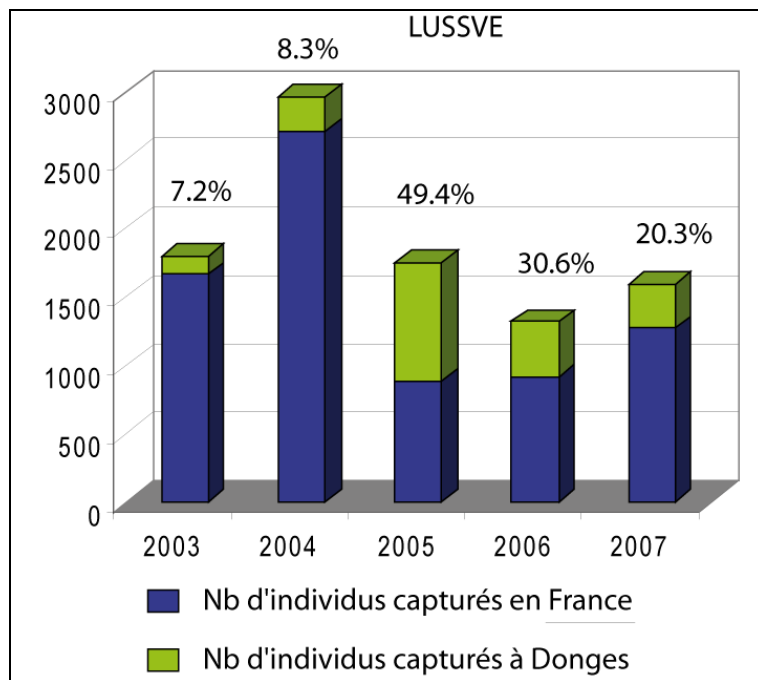


Figure 49 : Proportion nationale des gorgebleues à miroir capturés à Donges

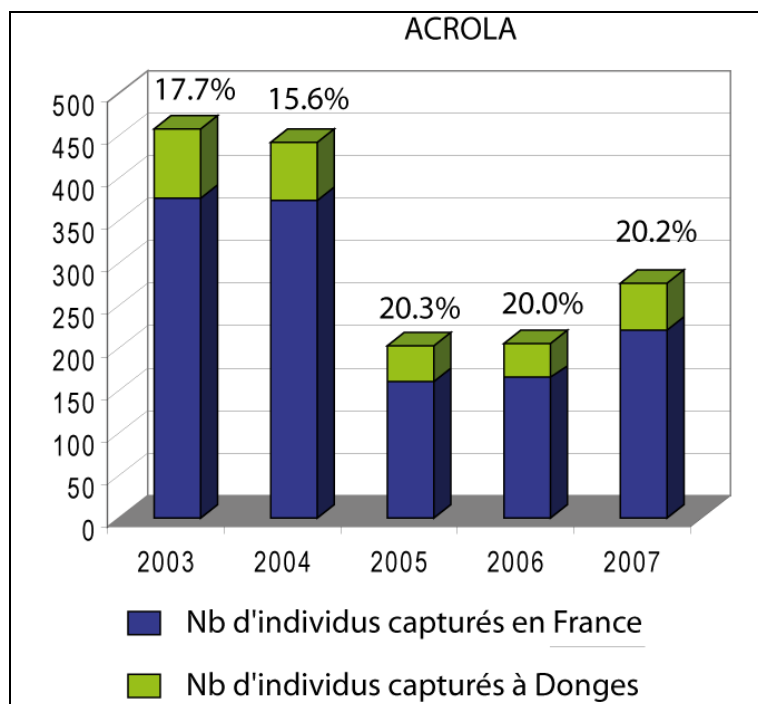


Figure 50 : Proportion nationale des phragmites aquatiques capturés à Donges

## 2) Au niveau européen

Etudiant un processus de migration nous devons analyser les données à une échelle globale. Ainsi l'analyse des données des contrôles hors-site nous permet si nous sommes sur une route migratoire de retracer les trajectoires de migration. Une analyse simple de la base de données nous permet de comptabiliser le nombre d'échange d'oiseaux entre Donges, les pays européens et l'Afrique. Ce résultat est présenté sur la Figure 51. Nous pouvons observer que Donges est comme nous l'attendions sur une route migratoire atlantique, les échanges d'oiseaux étant plus importants avec l'Angleterre, la Belgique et l'Espagne (respectivement 132, 29, 27 individus ; Tableau 13).

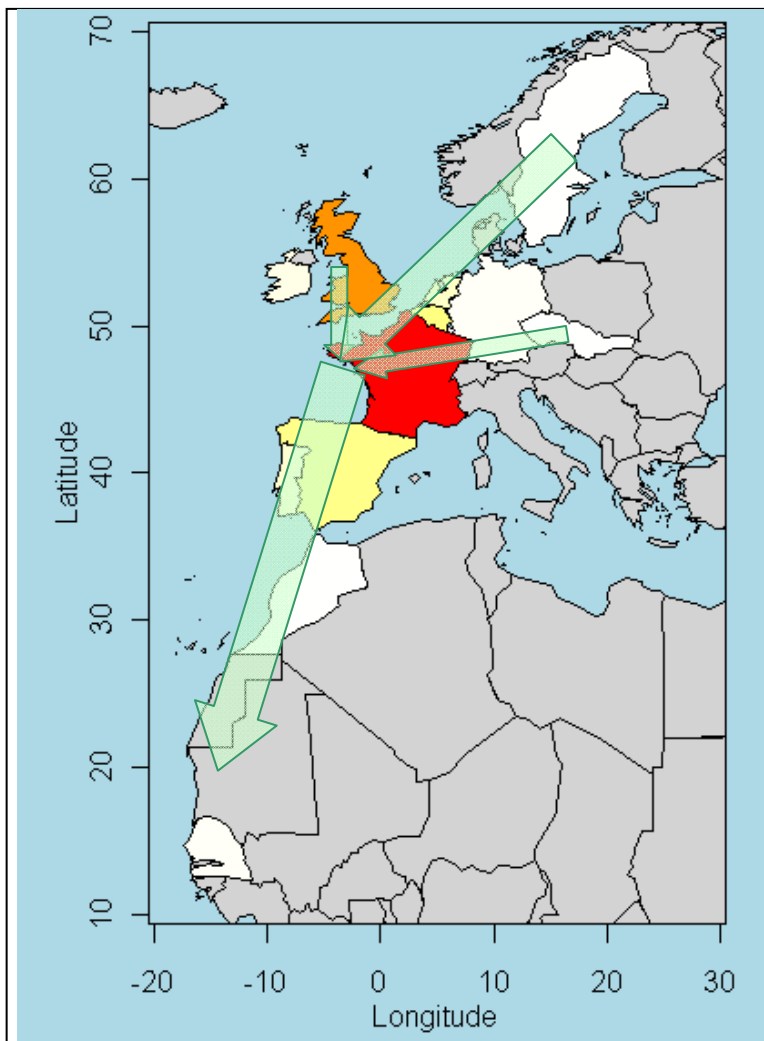


Figure 51: Distribution européenne des oiseaux contrôlés hors du site de Donges

Tableau 13: Nombre d'oiseaux échangé entre le camp de baguage à Donges et les différents pays en Europe et en Afrique.

Pays	Nombre d'oiseau x
France	233
Grande-Bretagne	132
Belgique	29
Espagne	27
Pays-Bas	13
Portugal	11
Irlande	6
Jersey	5
Allemagne	2
Sénégal	2
Tchequie	1
Luxembourg	1
Maroc	1
Suède	1

## 4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Depuis 5 ans (2003-2007) l'association ACROLA a réalisé un effort remarquable de baguage dans le but de comprendre le fonctionnement écologique de la roselière se trouvant sur le terrain du projet d'extension du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire de Donges Est. Ce site est depuis le début du projet très étudié et il est reconnu comme un site particulièrement riche. L'ACROLA depuis son arrivée sur le site s'est positionnée comme équipe scientifique et a eu pour objectif d'être force de proposition que ce soit en termes de minimisation d'impact, des mesures compensatoires ou des mesures de gestion.

Les compétences disponibles dans l'ACROLA en termes d'autorisation de capture d'oiseaux (nombre de bagueurs autorisés), ont permis la mise en place d'un camp de baguage, permettant ainsi l'étude d'un domaine peu connu sur ce site, le rôle et le fonctionnement écologique de la roselière de Donges Est comme halte migratoire dans le mécanisme de migration postnuptiale.

Dans ce cadre il a été commandé par le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire de Donges Est à l'ACROLA un bilan des 5 premières années du camp de baguage. Ce rapport que nous vous présentons ici à principalement 3 objectifs : 1) mesurer l'intérêt du site pour l'avifaune migratrice, 2) vérifier l'adéquation du protocole avec les objectifs de compréhension écologique, 3) proposer des perspectives.

L'intérêt de la roselière peut être mesuré de diverses manières. Tout d'abord nous nous attendions à y trouver un grand nombre d'espèces, dont une forte proportion d'espèces paludicoles, c'est-à-dire d'espèces écologiquement dépendantes des milieux de type roselière. La première partie de l'étude répond à cette question. En effet, sur les 5 années de baguage 59 espèces ont été capturées parmi 33 529 individus. Parmi ces 59 espèces, 12 sont des espèces paludicoles et représentent la grande majorité des individus capturés sur le site (94%). Ainsi sur les 5 années de captures dans les 9 espèces d'oiseaux les plus capturées nous pouvons noter la présence de 5 espèces paludicoles (le Phragmite des joncs, la Rousserolle effarvée, la Gorgebleue à miroir, la Locustelle luscinoïde, le Bruant des roseaux). Un autre facteur d'importance d'un site est la présence d'une espèce vulnérable qui en est dépendante. C'est le cas du Phragmite aquatique (la 9<sup>ème</sup> espèce en termes de nombre de captures), qui est l'espèce de passereaux la plus vulnérable en Europe.

De plus, nous notons dans cette étude, au vu des contrôles hors-sites, que la roselière de Donges est située sur la route privilégiée de migration de la façade atlantique qui va du nord-est de l'Europe à l'Afrique subsaharienne via l'estuaire de la Loire.

D'autre part nous avons vérifié que les espèces principales utilisent la roselière en s'y arrêtant plusieurs jours. Nous avons ainsi montré que le Phragmite des joncs et le Phragmite aquatique ont un temps de résidence dans la roselière de quelques jours (respectivement 7 et 6 jours). Cette durée est compatible chez ces espèces à un renouvellement des réserves de graisse. Pour la Gorgebleue à miroir nous avons estimé une durée de séjour longue (15 jours) qui peut être expliquée par la stratégie de migration flexible de l'espèce. Par contre, nous pensons que la longue durée de séjour que nous estimons pour la Rousserolle effarvate (18 jours) surestime la durée du vrai séjour des individus en migration. Nous émettons l'hypothèse que les individus capturés à Donges peuvent appartenir à deux groupes différents : i) les migrants qui sont de passage à Donges et ii) les reproducteurs qui passent la période de reproduction au sein de la roselière. Cette hypothèse pourrait être testée lors des prochaines études.

Enfin les espèces migratrices transsahariennes telles que les fauvettes paludicoles étudiées ici, réalisent un long voyage en quelques semaines. Afin de réaliser cette migration, ces petites espèces (10 grammes) ont régulièrement besoin de renouveler leurs réserves énergétiques. Lors des haltes migratoires, ces espèces sont capables de doubler leur poids, ce qui va leur permettre de réaliser des trajets de plus de 300 km en une seule traite. Nous avons montré que la halte migratoire que les oiseaux effectuent au sein de la roselière leur permet de renouveler leur énergie. Nous avons montré par les probabilités de capture que les individus maigres des Phragmites des joncs ou des Rousserolles effarvates, sont très actifs en raison de leur prospection alimentaire. Cette analyse met donc en évidence l'importance de la roselière pour le renouvellement des réserves énergétiques de ces espèces qui poursuivent ensuite leur migration au travers du Golfe de Gascogne.

L'analyse de la phénologie de la migration nous a montré que deux espèces peuvent être définies comme précoces, le Phragmite des joncs et la Rousserolle effarvate, qui ont leur pic de passage vers le jour 220 (8 août). Ensuite le Phragmite aquatique est une espèce beaucoup plus tardive et nous notons en général un pic de passage migratoire vers le jour 230 (18 août). Enfin, nous observons une variabilité interannuelle assez importante pour la Gorgebleue à miroir. Ainsi, chez cette espèce les pics peuvent être précoces ou tardifs selon l'année.

Cette méthode nous permet également de réaliser une estimation du nombre d'individus de chaque espèce présents au sein de la partie orientale de la roselière de Donges Est. Ainsi, nous constatons que lors de leur pic d'abondance (jour 218) en 2007, les Phragmites des joncs étaient plus de 1 300 individus à se nourrir dans la roselière.

Les calendriers de passage sont dépendants des conditions climatiques locales et globales. Ainsi nous observons une réponse des deux espèces à la tendance globale de réchauffement climatique. Le Phragmite des joncs et la Rousserolle effarvate avancent leur calendrier d'un jour tous les ans depuis 5 ans. Le Phragmite aquatique et la Gorgebleue à miroir ne semblent pas, au vu de ces 5 ans de données, avancer leur calendrier. En revanche, il y a éventuellement une relation de cause à effet entre la phénologie de la migration et les conditions climatiques à l'échelle locale (à Donges) mais aussi globale (au nord de l'Europe). Si cette tendance est bien confirmée par les données des années suivantes, nous pensons que les indices climatiques peuvent servir comme un outil d'anticipation pour le camp de baguage, afin de pouvoir ajuster la période de baguage et l'effort d'observation autour du pic de la migration.

Ainsi par ces analyses de phénologies nous insistons sur le fait qu'il est primordial que le camp de baguage soit actif du 25 juillet au 31 août, afin que la phénologie des principales espèces soit bien observée.

Enfin, il nous semble important de noter que l'ACROLA depuis 2005 réalise un effort de capture qui est tout à fait compatible avec l'étude du phénomène migratoire en termes de dates de baguage et d'effort d'observation quotidien. En effet, en 2003 et 2004 il semble que le camp n'a pas débuté son action de baguage assez tôt.

Pour conclure, ces 5 premières années ont permis de montrer l'importance du site comme halte migratoire. Une gestion qui permette de conserver les qualités nutritives du site est primordiale pour les espèces migratrices venant y renouveler leurs réserves énergétiques. Nous suggérons que les 5 prochaines années soient orientées vers une compréhension plus fine des fonctionnements écologiques. Notamment par des études parallèles comme l'analyse de l'habitat (végétale et nutritive). Enfin les hypothèses que nous avons faites dans cette étude devront être confrontées à une étude équivalente d'ici 5 ans.



*Phragmite aquatique (Sébastien Reeber, Grand-Lieu)*

## 5 BIBLIOGRAPHIE

- BirdGuides Ltd.** 2004. Birds of the Western Palearctic interactive.1.00 (ed. Birdguides). Oxford University Press. [www.birdguides.com](http://www.birdguides.com) [accessed 25-05-2009].
- Bretagne-Vivante, 44, L. & Loire-Vivante.** 2002. Les raisons de l'opposition à la réalisation de la première phase d'aménagement de Donges-Est. Bretagne Vivante-SEPNB, LPO 44, Loire Vivante. <http://www.rivernet.org/loire/loireestuaire/pdfetdocs/dongesestraissons.pdf> [accessed 25-05-2009].
- Dickson, R.R., Osborn, T.J., Hurrell, J.W., Meincke, J., Blindheim, J., Adlandsvik, B., Vinje, T., Alekseev, G. & Maslowski, W.** 2000. The Arctic Ocean response to the North Atlantic oscillation. *Journal of Climate*: 2671-2696.
- Dubois, P.J., Le Maréchal, P., Oliosio, G. & Yésou, P.** (2000) *Inventaire des oiseaux de France*, Paris: Nathan/HER.
- EBCC.** 2009. Trends of common birds in Europe, 2008 update, computation procedure and data quality control in details. The European Birds Census Council. <http://www.ebcc.info/> [accessed 25-05-2009].
- Efford, M.G.** 2005. Migrating birds stop over longer than usually thought: Comment. *Ecology*, **86**: 3415-3418.
- Flade, M.** 2008. Répartition actuelle des populations nicheuses, tendances et statut de conservation du Phragmite aquatique. *Pen ar Bed*, **206**: 9-17.
- Hurrell, J.W.** 1995. Decadal Trends in the North-Atlantic Oscillation - Regional Temperatures and Precipitation. *Science* 676-679.
- Hurrell, J.W., Kushnir, Y. & Visbeck, M.** 2001. Climate - The North Atlantic oscillation. *Science*: 603-+.
- Jiguet, F. & CERSP.** 2008. STOC : Les résultats nationaux 2007. [http://www2.mnhn.fr/vigie-nature/spip.php?page=stoc\\_web](http://www2.mnhn.fr/vigie-nature/spip.php?page=stoc_web) [accessed 01-01-09].
- Jiguet, F., Gadot, A.S., Julliard, R., Newson, S.E. & Couvet, D.** 2007. Climate envelope, life history traits and the resilience of birds facing global change. *Global Change Biology*, **13**: 1672-1684.
- Kerbiriou, C. & Bargain, B.** 2008. Spécificité du régime alimentaire du phragmite aquatique en halte migratoire. *Pen ar Bed*, **206**: 42-48.
- Lebreton, J.D., Burnham, K.P., Clobert, J. & Anderson, D.R.** 1992. Modeling Survival and Testing Biological Hypotheses Using Marked Animals - a Unified Approach with Case-Studies. *Ecological Monographs*, **62**: 67-118.
- MEDAAT.** 2007. Donges Est. [http://www.mer.gouv.fr/article.php?id\\_article=7923](http://www.mer.gouv.fr/article.php?id_article=7923) [accessed 25-05-2009].
- Miller-Rushing, A.J., Lloyd-Evans, T., Primack, R.B. & Stazinger, P.** 2008. Bird migration times, climate change, and changing population sizes. *Global Change Biology*: 1-14.
- Moller, A.P., Fiedler, W. & Berthold, P.** (2006) *Birds and climate change*: Elsevier.
- Péron, G., Henry, P.-Y., Provost, P., Dehorter, O. & Julliard, R.** 2007. Climate changes and post-nuptial migration strategy by two reedbed passerines. *Climate Research*, **35**: 147-157.
- Peron, G., Henry, P.Y., Provost, P., Dehorter, O. & Julliard, R.** 2007. Climate changes and post-nuptial migration strategy by two reedbed passerine. *Climate Research*, **35**: 147-157.
- Pradel, R.** 1996. Utilization of capture-mark-recapture for the study of recruitment and population growth rate. *Biometrics*, **52**: 703-709.
- Pradel, R., Schaub, M., Jenni, L. & Lebreton, J.D.** 2005. Migrating birds stop over longer than usually thought: Reply. *Ecology*, **86**: 3418-3419.
- Rivalan, P., Frederiksen, M., Lois, G. & Julliard, R.** 2007. Contrasting responses of migration strategies in two European thrushes to climate change. *Global Change Biology*, **13**: 275-287.
- 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.
- Svensson, L.** (1992) *Identification Guide to European Passerines*: BTO.

- Visbeck, M.H., Hurrell, J.W., Polvani, L. & Cullen, H.M.** 2001. The North Atlantic Oscillation: Past, present, and future. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*: 12876-12877.
- White, G.C. & Burnham, K.P.** 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, **46**: 120-139.