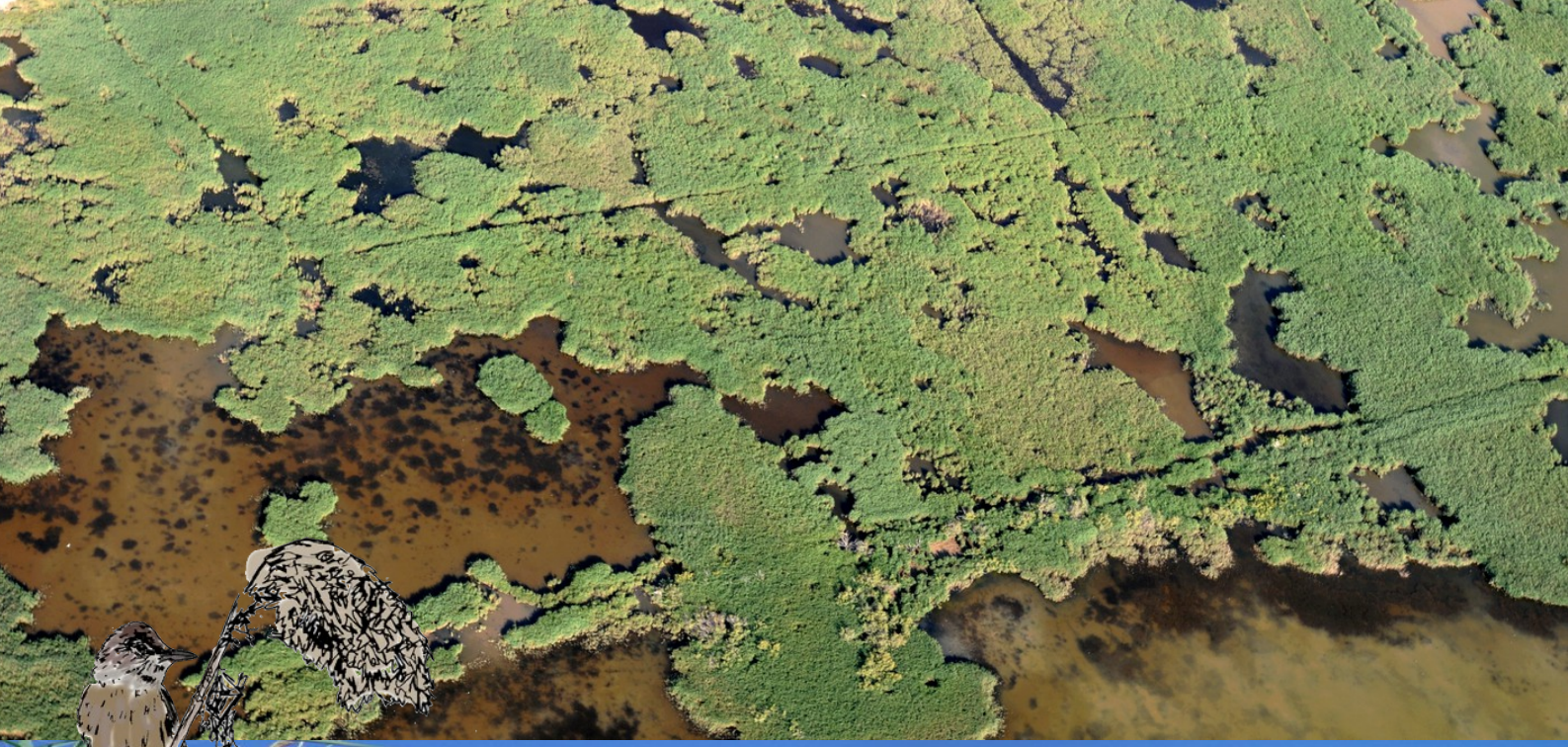


Caractérisation et gestion des roselières en faveur de l'avifaune

Réserve Naturelle du Bagnas

ADENA

Réserve Naturelle BAGNAS

UBO université de bretagne occidentale

BREST UFR SCIENCES & TECHNIQUES

Caractérisation et gestion des roselières en faveur de l'avifaune

Réserve Naturelle Nationale du Bagnas

Réalisation des suivis terrain : **Martin Diraison**, **Nathalie Guénel**, **Mathieu Lognos** et **Benoît Vibarel**

Rédaction : **Martin Diraison**

Illustrations : **Martin Diraison**

Sous la direction de : **Milène Filleux** et **Nathalie Guénel**

Cette étude a été réalisée du 25 mars au 23 septembre 2014 dans le cadre d'un mémoire de fin de master 2 en Gestion et Conservation de la Biodiversité de l'Université de Bretagne Occidentale, Brest. Pris en charge par l'Association de Défense de l'Environnement et de la Nature des Pays d'Agde.

Mémoire soutenu le 25 septembre 2014 à Brest,

Ce rapport est réalisé à la demande de l'ADENA et est une version détaillée du Mémoire.

Référence : **Diraison, M., 2014, Caractérisation et gestion des roselières en faveur de l'avifaune, Rapport de stage, Université de Bretagne Occidentale, Brest, ADENA, p. 107**

Contact :

ADENA, Domaine du Grand Clavelet, route de Sète, 34300, Agde

adena.suivietgestion@espaces-naturels.fr

martin.diraison@orange.fr

Remerciements

Mes premiers remerciements vont naturellement à ma super maître de stage **Nathalie Guénel**. Merci pour ton encadrement sans faille ! Merci pour l'autonomie accordée, ta disponibilité, tes conseils et ton soutien. Grâce à toi j'avais aussi un petit bout de Bretagne pour m'aider à survivre dans Le Sud.

Merci à **Milène Filleux** pour m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein de l'ADENA. Merci aussi pour ta rigueur, tes critiques constructives et ta relecture attentive.

Merci à **Benoit Vibarel**, dont on ne présente plus l'humour légendaire ! Merci d'avoir pris le relais de Nathalie en tant que maître de stage nocturne ;-) Nos petites sorties en barque vont me manquer ... j'espère que tu continueras à raconter tes blagues à des générations de stagiaires.

Merci à **Mathieu Lognos**, l'homme qui peut tout faire. Avec lui il n'y a que des solutions et dans la bonne humeur ! Merci d'avoir rendu ce stage plus facile que si tu n'avais pas été là.

Merci à **Matthieu Fajon** pour l'accompagnement nocturne avec Benoît ;-) … et les observations pendant tes anims.

Merci à **Emilia Buenaventes** pour les cours de base de données et les déjeuners à deux quand nous étions abandonnés à la surveillance du domaine.

Merci aux autres stagiaires **Matthieu** et **Benjamin** pour les coups de mains à la réalisation des suivis de terrain.

Merci à toute **l'équipe bénévole de l'ADENA** de m'avoir accueilli au Bagnas.

Je tiens à remercier les participants au groupe de travail sur l'avifaune des roselières pour leurs remarques riches d'enseignements : **Julien Azéma**, **Sonia Bertrand**, **Dominique Clément**, **Elisa Daviaud**, **Régis Gallais**, **Lucie Gillioz**, **Yannick Guennou**, **Nabila Hamza**, **John Holliday**, **Rémi Jullian**, **Floriane Ledoux**, **Morgane Maîtrejean**, **Adeline Pichard**, **Marjorie Poitevin**, **Christine Rochat** et **Fabien Valles**. Merci également pour avoir répondu à mes sollicitations à **Frédéric Andrieux**, **Albert Bertolero**, **Bernard Chanchus**, **Claude Gleize**, **Yves Kayser** , **Bernard Molina** et **Brigitte Poulin.**

Je tiens également à remercier mes amis, en particulier **Thomas Zgirski**, nos stages font partie des rares études que nous ne réalisons pas ensemble et malgré les milliers de kilomètres tu réussis toujours à m'aider ;-) Merci à **Camila Leandro** pour ce formidable week-end statistique, entre autre ! Merci à **Bastien Louboutin** pour ta relecture express et efficace.

.. et puisque ce mémoire doit conclure mes études, c'est ici la meilleure occasion pour remercier **mes parents**, **ma sœur** et **mon frangin**. Merci de m'avoir soutenu durant mon parcours scolaire houleux et d'avoir supporté mon caractère, trop souvent plus proche de la nature que de la famille.

Table des matières

Partie 1 Introduction....1
A Généralités sur les roselières....1
B Des espaces menacés....1
C Une importance écologique remarquable....2
D Prise en compte des enjeux....3
E Objectifs de l'étude....3
1 Axe I : Identifier des massifs de roselière, une description fine de l'hétérogénéité....4
2 Axe 2 : Améliorer les connaissances sur le peuplement d'oiseaux....5
3 Axe 3 : Gérer et suivre l'état des roselières en faveur de l'avifaune....5
Partie 1 Synthèse....6

Partie 2 Contexte général....7
A Structure....7
1 Localisation de la réserve....7
2 Statuts de conservation....7
3 Contexte foncier....8
4 Gestion....8
5 Financements....8
6 Activités socio-économiques....8
B Contexte écologique général....9
1 Climat méditerranéen....9
2 Changements climatiques....9
3 Nature des sols....9
4 Intégration paysagère....10
C Le site d'étude....10
1 Au nord : Le Grand Bagnas....10
2 Historique du site....11
3 Habitats du Grand Bagnas....11
4 Fonctionnement hydrologique....11
Partie 2 Synthèse....13

Partie 3 Matériel et méthodes....14
A Axe 1 : Identifier des massifs de roselière....14
1 Retracer l'histoire de la roselière....14
2 Fonctionnement hydrologique de la roselière....15
3 Typologie des massifs de roseaux....17
B Axe 2 : Améliorer les connaissances sur le peuplement d'oiseaux....22
1 Suivi du peuplement d'oiseaux reproducteurs....22
2 Données existantes....22
3 Passereaux : Cartographie des territoires de reproduction....22
4 Butor étoilé : détection et dénombrement des mâles chanteurs....26
5 Héron pourpré : comparaison de trois méthodes....27

6 Blongios nain et Talève sultane : Détection des mâles chanteurs et répartition....28
7 Busard des roseaux : détection des couples et répartition....30
8 Habitats du peuplement reproducteur....31
Partie 3 Synthèse....33

Partie 4 Résultats....35
A Axe 1 : Identifier des massifs de roselière....35
1 Historique de la roselière....35
2 Modèle hydrologique en roselière....38
3Typologie des massifs de roseaux....43
B Axe 2 : Améliorer les connaissances sur le peuplement d'oiseaux....49
1 État des populations....49
2 Exigences écologiques....53
3 Retours méthodologiques....57
Partie 4 Synthèse....60

Partie 5 Gestion en faveur de l'avifaune....63
A Dynamiser la roselière en GB4 et GB5....63
B Différencier les habitats....65
1 Des prairies hygrophiles en demi-lune....65
2 Complexe hygrophile en GB8....67
C Suivi des roselières et son avifaune....69
1 Suivi de la roselière....69
2 Suivi des nicheurs....70
D Poursuite de l'étude des roselières....71

Partie 6 Discussion....72
A Le roseau, l'eau et l'Homme....72
B Éléments d'écologie du peuplement d'oiseaux....73
C RNN du Bagnas : atouts et responsabilités....74
D Limites et perspectives....75

Bibliographie....77

Annexes....84

LEXIQUE

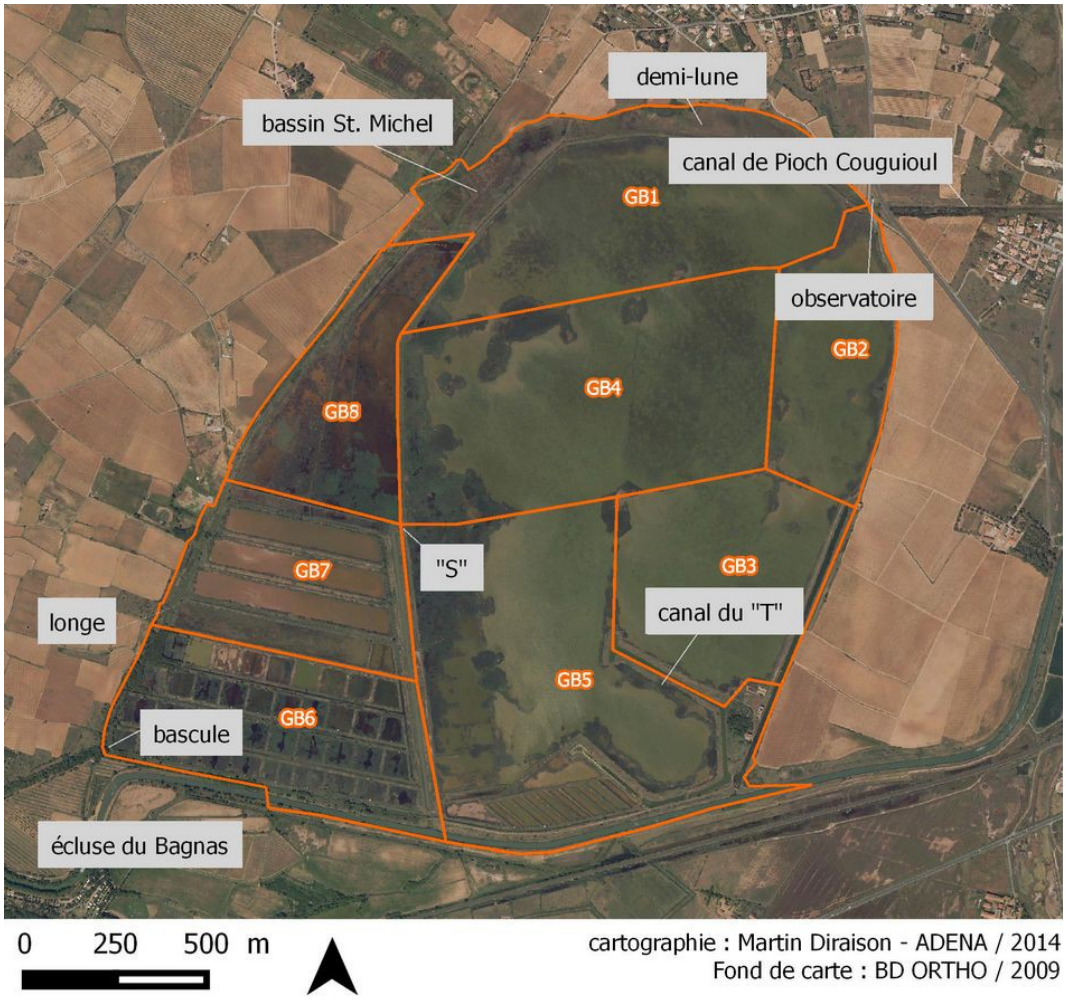
Capacité d'accueil : L'effectif maximum que peut atteindre une population naturelle compte tenu des ressources naturelles disponibles.

Clair : Pièce d'eau libre au cœur des massifs de roseaux.

Roselière : Au sens large, regroupe des formations à grandes hélophytes comme des Poaceae, Typhaceae, Cyperaceae. Elle est dominée s*ensus stricto* par le roseau commun, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. En l'absence de précision, le mot « roselière » fait référence au sens strict de la définition.

Touradons : Touffes de roseaux structurées en mottes surélevées par rapport aux alentours directs. Les bordures sont composées d'anciennes tiges dégradées. L'accumulation de matière organique est évidente. Le périmètre est compris entre un et quatre mètres.

Toponymie du site d'étude :



PARTIE 1 INTRODUCTION

A Généralités sur les roselières

Les roselières sont des écosystèmes emblématiques des zones humides. Leur importance largement reconnue réside dans leur rôle paysager ainsi que dans leur fonction de zone humide. Depuis des siècles, de nombreux atouts leurs sont attribués par l'Homme de part les services écosystémiques qu'elles remplissent. Comme d'autres zones humides, elles participent à la rétention des sédiments, protègent les berges de l'érosion, améliorent la qualité de l'eau grâce aux processus de phytoépuration. Il existe également de nombreux usages socio-économiques souvent conflictuels comme la coupe, le pâturage, la pêche, la chasse, le tourisme et même la gestion d'espaces naturels pour leur conservation (Dugan, 1990 ; Hawke et Josè, 1996). Cette utilisation des roselières est ancestrale, des traces de son exploitation remontent jusqu'au Moyen-Age. Toutefois, les qualités qui viennent d'être citées restent anthropocentrées.

La roselière au sens large regroupe des formations à grandes hélophytes comme des Poaceae, Typhaceae, Cyperaceae. Elle est dominée s*ensus stricto* par le roseau commun, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. Cette hélophyte polymorphe est une Poaceae cosmopolite largement distribuée sur la planète, sauf aux latitudes et altitudes les plus élevées. Le roseau forme des peuplements végétaux très pauvres, souvent mono-spécifiques appelés dans ce cas Phragmitaies (Haslam, 1972 ; Sinassamy et Mauchamp, 2000). En l'absence de précision, le mot « roselière » fait référence au sens strict de la définition.

En roselières naturelles, les conditions de reproduction sexuée et de germination sont délicates. Les clones de la reproduction végétative sont alors dominants. Les tiges vertes émergent au printemps à partir de rhizomes pérennes. Elles croissent jusqu'en fin d'été et meurent en automne. La tige sèche et parfois le panicule persistent sur plusieurs années. Les roselières présentent une importante productivité primaire. Ceci entraînant une colonisation rapide de l'espace, dans des conditions qui lui sont favorables. Avec son système d'extension horizontale par rhizome, elles créent leur propre sol, ces mêmes rhizomes conférant des réserves pour la plante et ainsi une grande résistance aux stress. Le roseau, très plastique et tolérant, fait preuve d'une importante amplitude écologique. Les réponses biologiques peuvent prendre plusieurs années avant de s'exprimer. Il est nécessaire de prendre en compte l'histoire de chaque roselière pour tenter de comprendre les situations actuelles (Haslam, 1972 ; Sinassamy et Mauchamp, 2000).

Les roselières sont en premier lieu un habitat pour de nombreuses espèces animales et végétales. Cette vision est très récente. Les premiers essais novateurs pour sa préservation en tant que tel remontent au début des années 1990 (Mathevet, 1999). Les roselières accueillent une faune et une flore tout à fait originale et inféodée. La forte valeur écologique des roselières est indéniable pour une grande partie de sa biodiversité (Cowie *et al*., 1992 ; Dithlogo *et al*., 1992 ; Sinassamy et Mauchamp, 2000).

B Des espaces menacés

En l'absence de gestion, les trajectoires tendent vers l'assèchement de cet habitat transitoire, phénomène connu sous le nom d'atterrissement. D'abord vers la mégaphorbiaie puis vers le boisement au fil de la colonisation par les

ligneux. Toutefois, les fluctuations des paramètres environnementaux naturels peuvent permettre le maintient des massifs de roseaux par l'alternance temporelle des différents stades de roselières. Aujourd'hui, le fonctionnement de la plupart de ces milieux dépend étroitement des activités humaines. Qu'elles que soient les pratiques s'y exerçant elles ont une influence directe ou indirecte sur l'habitat et les espèces à tel point que certaines formations ou stades de végétation en sont dépendants (Hawke et José, 1996 ; Tucker et Evans, 1997).

Dans un contexte mondial de disparition de la biodiversité (Sala *et al*., 2000 ; Butchart *et al*., 2010) et malgré les signaux de menaces reportés dès les années 1950, les roselières continuent aujourd'hui leur déclin (Ostendorp, 1989 ;Van der Putten, 1997). En Europe, des pertes de surfaces en phragmitaies atteignant 80% ont été constatées ces dernières décennies. Les causes sont en général multi-factorielles, drainages, régimes hydrauliques inappropriés, eutrophisation. L'aménagement des territoires au cours du XXe siècle a eu des impacts négatifs très lourds sur les milieux naturels en général, les zones humides en particulier. En France, la situation apparaît plus contrastée notamment en région méditerranéenne ou des dégradations aussi bien que des progressions sont observées (Sinassamy et Mauchamp, 2000). L'inventaire des roselières (*sensus lato*) métropolitaines donnait entre 1998 et 2008 une estimation de la surface de ces habitats à 54000 ha, soit moins de 0,1% du territoire national. Les roselières sont aujourd'hui considérées comme rares, les phragmitaies strictes en sont réduites à 38000 ha (Le Barz *et al*., 2009).

C Une importance écologique remarquable

En parallèle, la biodiversité associée aux roselières montre un déclin de plus en plus alarmant. Parmi le cortège paludicole, le Butor étoilé fait figure d'ambassadeur. Les effectifs de ce héron discret ont été divisés par deux en l'espace de 40 ans (Cramm, 2002). Loin d'être un cas isolé, la situation du butor semble s'étendre à l'ensemble de l'avifaune des roselières comme en témoignent les récents statuts de conservation (UICN France *et al.*, 2011). Il est probable que cette perte soit généralisée à une grande partie de la biodiversité de cet habitat. Ces écosystèmes deviennent incontestablement des cibles de conservation prioritaires. Parmi la faune et la flore, le peuplement d'oiseaux est le meilleur ambassadeur connu actuellement permettant la protection et la conservation de ces milieux naturels. Les plus anciens témoignages de fascination remontent à l'âge de pierre. C'est l'un des premiers groupes taxinomiques à avoir attiré l'attention des naturalistes (Chansigaud, 2007). Il est particulièrement intéressant à étudier compte tenu des niches écologiques occupées. L'écologie des espèces est relativement bien connue et facile à appréhender. Les oiseaux sont également de bons indicateurs des changements à court terme de leur environnement. Enfin, il s'agit d'un groupe populaire auprès du grand public et des décideurs (Barnagaud, 2011).

Fortement conditionnée par la structure très particulière des roselières, l'avifaune s'y développant est tout à fait spécialisée. Seules les espèces les mieux adaptées peuvent utiliser les tiges hautes et denses de roseaux. En France, le peuplement reproducteur est principalement caractérisé chez les passereaux par le groupe des fauvettes aquatiques (Sylviidae), la Panure à moustaches ou encore le Bruant des roseaux (Poulin *et al.*, 2002). Des oiseaux d'eau trouvent également dans les roselières un habitat favorable, c'est le cas de plusieurs Ardeidae, Rallidae, Anatidae. Un seul rapace, justement nommé le Busard des roseaux, est capable de s'y reproduire (Géroudet, 2013).

En région méditerranéenne, où se concentrent plus de 40% des roselières de France métropolitaine (Le Barz *et al*., 2009), les enjeux liés à cet habitat et à l'avifaune inféodée sont clairement identifiés, reconnus et ont permis de

développer des programmes d'étude visant à combler certaines lacunes. Les enjeux concernent la perte de surface, les dégradations de fonctionnalités et la fragmentation des habitats. Les travaux indiquent que l'état des populations reproductrices de l'avifaune paludicole des roselières est en déclin certain. Ce phénomène est mis en avant par les statuts de conservation nationaux défavorables (En danger, Vulnérable, Quasi-menacé) de certaines espèces comme la Talève sultane, *Porphyrio porphyrio* (L.), le Butor étoilé, *Botaurus stellaris* (L.), le Blongios nain, *Ixobrychus minutus* (L.), le Crabier chevelu, *Ardeola ralloides* (Scopoli, 1769), la Rousserole turdoïde, *Acrocephalus arundinaceus* (L.) ou encore la Lusciniole à moustaches, *Acrocephalus melanopogon* (Temminck, 1823) (UICN France *et al.*, 2011). D'autres espèces au statut de conservation moins défavorable (Préoccupation mineure) sont inféodées à ce milieu et leurs effectifs sont susceptibles de varier en fonction des caractéristiques de celui-ci. C'est le cas du Héron pourpré, *Ardea purpurea* (L.), de la Panure à moustaches, *Panurus biarmicus* (L.), de la Rousserolle effarvatte, *Acrocephalus scirpaeus* (Herman, 1804) et du Bruant des roseaux, *Emberiza schoeniclus* (L.). Considérées comme d'un intérêt patrimonial plus faible, ces dernières espèces doivent toutefois faire l'attention des mêmes préoccupations de conservation au risque de voir leur statut de conservation se dégrader à l'avenir.

D Prise en compte des enjeux

Face à tous ces enjeux biologiques plusieurs outils de protection ont vu le jour depuis plus d'un siècle, loi relative à la protection de la nature de 1976, lois littorale et montagne, Réserves Naturelles Nationales (RNN), Parcs Nationaux, arrêté de protection de biotope, etc. La majeure partie des roselières françaises sont intégrées dans des périmètres d'inventaires patrimoniaux. Cela souligne l'intérêt et la reconnaissance portés à ces milieux naturels. En revanche, seulement 18% de la surface de cet habitat est incluse dans des périmètres de protection fort, dont 2000 ha en réserve naturelles. A ce titre, les RNN abritant des roselières sont des sites à forte responsabilité. La réglementation des RNN permet un champ d'intervention large. Les compétences développées ont pour vocation la protection, la gestion, l'étude et la sensibilisation des éléments naturels remarquables ou en voie de disparition. Ces structures sont clairement identifiées comme pouvant participer au renforcement des capacités de gestion des roselières, objectif majeur pour répondre aux enjeux liés aux roselières et à l'avifaune inféodée. Dans ce cadre, la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas, située en région Languedoc-Roussillon, fait figure d'exemple tout désigné. Les étangs localisés sur le littoral font de la région la 3ème en termes d'importance de surface avec plus de 7500 ha de roselière. Les 100 hectares présents sur la RNN du Bagnas constituent une superficie importante à prendre en compte.

E Objectifs de l'étude

L'ADENA[1] (association loi 1901), gestionnaire de la RNN du Bagnas, cherche à affiner la connaissance, le suivi et la gestion des écosystèmes placés sous sa responsabilité. L'amélioration des connaissances de la roselière, sa gestion et son suivi sont inscrits dans le plan de gestion (ADENA, 2013). De nombreux enjeux concernent cet habitat, qu'ils soient environnementaux ou relatifs à la biodiversité. Dans cette étude, la roselière est ciblée en tant

1 Association de Défense de l'Environnement et de la Nature des Pays d'Agde

qu'habitat de l'avifaune. A l'image des connaissances générales sur les roselières, celles de la réserve sont lacunaires. Actuellement, seul un suivi est réalisé selon le protocole Rezo du Rozo, réseau d'échange pour la mise en œuvre de protocoles de suivi des roselières, créé en 1998 par la Tour du Valat[2] (TdV). En parallèle, des données sur l'avifaune sont produites depuis 20 ans, comptage hebdomadaire des oiseaux d'eau, stations de baguage des passereaux migrateurs, mais ne permettent toutefois pas d'affiner l'état des populations en roselière. Or, l'inventaire du peuplement paludicole montre la présence de plusieurs espèces aux enjeux biologiques importants. Toute tentative de gestion doit impérativement s'appuyer sur un maximum d'informations avant sa mise en place. Les connaissances actuelles ne permettent pas de comprendre le fonctionnement de la roselière de manière satisfaisante. Afin d'y remédier, le gestionnaire propose une étude en 2014. Celle-ci prend la forme d'un stage de 6 mois dont les résultats et conclusions sont consignés dans ce rapport.

L'objectif final est de mieux connaître l'habitat roselière et d'en améliorer l'accueil de l'avifaune. Afin d'acquérir des connaissances solides sur le fonctionnement et les enjeux de cet habitat et de son avifaune, trois axes d'études ont été définis.

1 Axe I : Identifier des massifs de roselière, une description fine de l'hétérogénéité

Le 1er axe concerne la caractérisation des massifs de roselière. Elles peuvent paraître très homogènes du point de vue paysager. Selon certains critères relatifs aux exigences écologiques de l'avifaune, des différences relativement marquées apparaissent. Des recherches bibliographiques et des échanges entre professionnels de la gestion d'espaces naturels et spécialistes ornithologiques ont été organisés au cours de cette étude. Des variables influençant ou étant susceptibles d'influencer la présence plus ou moins abondante des oiseaux ont été identifiées. Elles permettent d'établir une typologie des massifs de roselière. L'élaboration d'une telle typologie est rendue difficile par l'amplitude écologique du roseau commun. Des grands types sont communément retenus. Les roselières linéaires, en expansion, stables ou en cours de dégradation. Mais cette différenciation en grands ensembles n'est pas entièrement satisfaisante dès lors que l'on se situe à des échelles de gestion d'espaces naturels. L'application d'un même type de gestion à de grands ensembles de roselière conduirait à une homogénéisation de ces milieux. L'objectif de cette caractérisation est d'identifier l'hétérogénéité au sein d'une roselière. Chacun de ces massifs identifiés peut alors être considéré comme une unité de gestion cohérente. Répondre à cet objectif pose de nombreuses questions auxquelles il est nécessaire d'apporter des informations. Cet axe d'étude se construit en sous-thèmes listés ci-après :

- Histoire de la roselière et du site d'étude en général.
- Fffets des facteurs structurant la dynamique de l'habitat.
- Élaboration d'un modèle hydrologique en roselière.
- Typologie des massifs de roseaux

En parallèle, une autre étude, menée par le CEN L-R[3] et le SMDA[4], met en place les bases d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats de reproduction d'oiseaux paludicoles en roselières méditerranéennes (Daviaud, 2014). La mise en commun des travaux a permis un partage mutuel des connaissances.

2 Centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes
3 Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon
4 Syndicat Mixte du Delta de l'Aude

2 Axe 2 : Améliorer les connaissances sur le peuplement d'oiseaux

- État du peuplement

Le premier objectif est d'effectuer une mise à jour des connaissances concernant le peuplement nicheur dans les roselières de la réserve. Plusieurs suivis sont réalisés au cours de la saison de reproduction. Ils permettent de quantifier le nombre de reproducteurs par espèce, décrire la phase de nidification et tester des méthodes de suivis. Compte tenu de la période d'étude, seul le peuplement reproducteur est ciblé bien que des enjeux tout aussi importants existent durant les périodes de migration et d'hivernage.

- Exigences écologiques

Les suivis sont également orientés de manière à établir des relations entre la répartition des espèces et les caractéristiques de la roselière en 2014 afin d'améliorer l'accueil de l'avifaune. Plusieurs études ont été construites dans ce sens et ont inspiré celle menée au Bagnas (Poulin et al., 2002 ; Barbraud *et al.*, 2002 ; Baldi, 2006 ; Provost, 2007 ; Rufray (coord.), 2007 ; Vera *et al.*, 2011). L'exemple le plus distinctif est celui du Butor étoilé, espèce emblématique des roselières qui a bénéficié d'un programme LIFE[5] de 2001 à 2006 (Collectif, 2006) et d'un PNA[6] entre 2008 et 2012 (Hunault et Kerbiriou, 2007). Ces programmes ont permis des avancés majeures dans la compréhension de l'écologie de l'espèce mais aussi dans l'élaboration de méthodes d'étude en roselière. La structure de cet habitat en limite l'accès et il faut souvent se contenter d'un regard périphérique, partiel, biaisé. En ce sens, la RNN du Bagnas bénéficie d'atouts importants dans l'étude des roselières et de son avifaune.

3 Axe 3 : Gérer et suivre l'état des roselières en faveur de l'avifaune

L'ensemble des résultats permettent une adaptation de la gestion de la réserve. Des mesures de gestion sont proposées dans ce rapport afin d'optimiser la roselière pour les oiseaux. Ces mesures prennent en compte les autres enjeux du site (accueil des oiseaux d'eau hivernants, population de cistude d'Europe). L'étude restant limitée à l'année 2014 et aux seules étendues des roselières de la réserve, les résultats ne peuvent être compris comme généralités. Un plan de suivi à plus long terme de l'avifaune et de la roselière est donc proposé.

5 L'instrument financier pour l'environnement
6 Plan National d'Actions

PARTIE 1 SYNTHÈSE

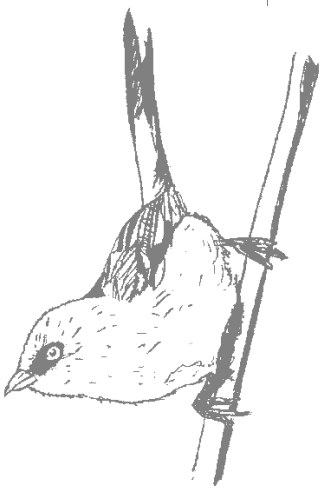
De nombreuses fonctions économiques et sociales sont reconnues aux zones humides, dont font partie les roselières. Ces écosystèmes principalement composés de roseaux forment de vastes étendues végétales souvent mono-spécifiques. Pourtant sous une apparente homogénéité, la structure de cet habitat permet l'accueil d'une biodiversité tout à fait originale. De nombreux travaux ont démontré et démontrent encore l'intérêt écologique des roselières. Le groupe taxinomique phare encore aujourd'hui est celui des oiseaux.

Dans un contexte mondial de perte d'espaces naturels et d'érosion de la biodiversité, les roselières ne font pas figure d'exception. L'avifaune inféodée semble suivre ce même déclin. Une partie importante du peuplement d'oiseaux en roselière est caractérisé par un statut de conservation défavorable. En région méditerranéenne, ou les enjeux de conservation sont les plus forts, ce constat est d'autant plus alarmant.

La prise en compte de tels enjeux de protection de la biodiversité des roselières, en particulier les oiseaux, est récente dans l'histoire moderne de l'Homme. Depuis un siècle, les sociétés ont développé une série d'outils permettant de protéger plus ou moins efficacement certains espaces naturels, en général les plus remarquables, rares ou menacés. Malgré les menaces pesant sur les roselières, elles sont assez peu prises en compte par des outils de protection forte. A ce titre, la réserve naturelle nationale du Bagnas, située en bordure littorale dans l'Hérault, endosse d'importantes responsabilités vis-à-vis de cet écosystème et des populations d'oiseaux. Cette réserve accueille en effet une soixantaine d'hectares de phragmitaies et une avifaune particulière aux enjeux de conservation régionaux et nationaux forts.

Dans le cadre du plan de gestion de la RNN du Bagnas, une étude de 6 mois est réalisée lors d'un stage de master 2. Les objectifs à poursuivre sont l'amélioration des connaissances de la roselière et l'avifaune qui y est inféodée. Les résultats doivent permettre d'aboutir sur des propositions de gestion pour l'amélioration de l'accueil de l'avifaune.

Les axes d'étude cherchent à caractériser la roselière en identifiant plus particulièrement son hétérogénéité spatiale. Pour cela, l'histoire de l'habitat est retracée afin de comprendre son état actuel. Ensuite, les facteurs influençant sa dynamique sont étudiés et modélisés. Enfin, des variables environnementales sont échantillonnées sur l'ensemble du site d'étude afin de créer une typologie des massifs de roselière. Un second axe s'intéresse plus précisément au peuplement d'oiseaux reproducteurs. L'état des populations est mis à jour. La diversité des espèces nécessite l' utilisation de plusieurs de méthodes de recensement. L'étude de leurs exigences écologiques permet d'expliquer une partie de leur répartition et abondance sur le site d'étude. L'ensemble des résultats permet d'établir une stratégie de gestion favorable à la préservation de la roselière et de son avifaune.



PARTIE 2 CONTEXTE GÉNÉRAL

A Structure

Cette partie reprend les éléments du plan de gestion (ADENA, 2013).

1 Localisation de la réserve

La Réserve Naturelle Nationale du Bagnas se situe en région méditerranéenne, dans le département de l'Hérault sur les communes littorales d'Agde et de Marseillan (figure 1).

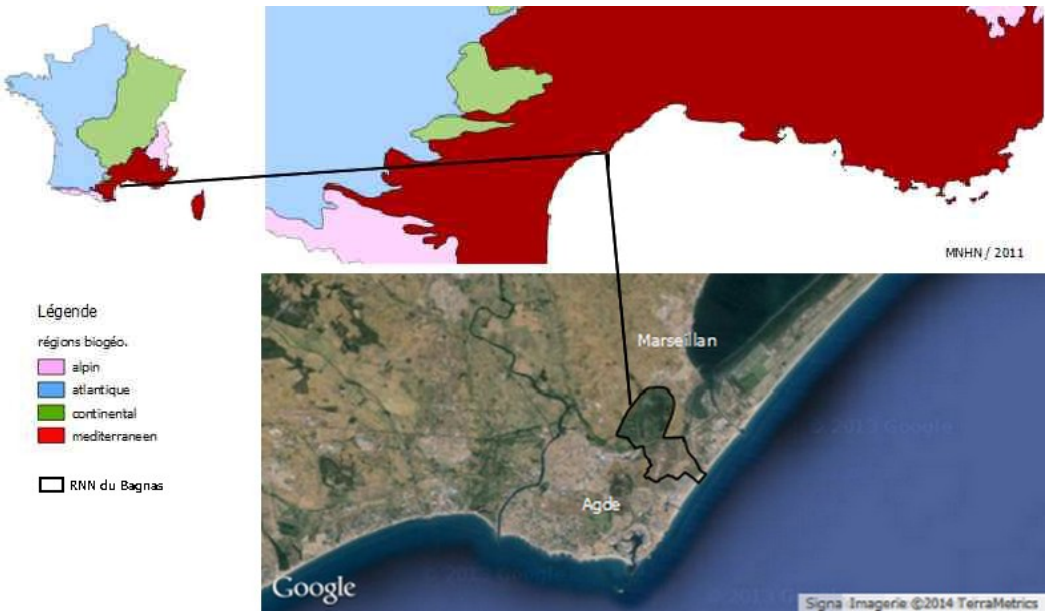


Figure 1 : Localisation de la RNN du Bagnas

2 Statuts de conservation

La richesse biologique du site est découverte dans les années 1970 par le MNHN[7]. La SPN[8], aujourd'hui devenu l'ADENA militera pour la protection du site. C'est en 1983 que la RNN du Bagnas voit le jour. Le site fait alors figure d'exception face aux nombreuses zones naturelles aménagées pour la création des stations balnéaires. D'autres statuts juridiques confirment la volonté de conservation du site. Le périmètre de la réserve correspond à la ZICO[9] LR 15 « Étang du Bagnas ». La RNN est également contenue dans les sites Natura 2000 « Étang du Bagnas », classés au titre des directives Habitats, SIC[10] FR 9101412 et Oiseaux, ZPS[11] FR 9110034. Aujourd'hui, les surfaces en réserve et Natura 2000 s'étendent sur respectivement 561 et 675 ha (annexe I). Il faut également noter le site classé Canal du Midi qui traverse la réserve. Enfin, la réserve est incluse dans des inventaires du patrimoine naturel à travers deux ZNIEFF[12]. Une de type I « Étangs du Grand et du Petit Bagnas » n°3421-3039 (675 ha) et une de type II « Complexe paludo-laguno-dunaire de Bagnas et de Thau » n° 3421-0000 (9065 ha).

7 Muséum National d'Histoire Naturelle
8 Société de Protection de la Nature d'Agde-Vias-Portiragnes (association loi 1901)
9 Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
10 Site d'Intérêt Communautaire
11 Zone de Protection Spéciale
12 Zones Naturelles d'Importance Écologique, Faunistique et Floristique

3 Contexte foncier

La Compagnie des Salins du Midi a exploité l'étang nord de la réserve en majeure partie en saliculture. Elle s'est vue racheter ses propriétés progressivement jusqu'en 2003 par le CDL[13], soit 96,88 % de la surface en réserve. Dès lors, une gestion opérationnelle s'est mise en place sur l'ensemble du site. L'État est directement propriétaire de 2,83 % (DPM[14] et DPF[15]). Quelques parcelles sont des propriétés privées ou communales.

4 Gestion

La surveillance, l'entretien, le suivi scientifique, la gestion et la sensibilisation du public sur la RNN du Bagnas sont confiés par l'État à l'ADENA par convention de gestion. Une convention de gestion particulière, établie entre le gestionnaire, le CDL, la CAHM[16] et la mairie d'Agde, visant à définir les modalités de gestion spécifiques à la réserve du Bagnas a été signée le 22 mars 2012 pour une durée de 6 ans. La CAHM et la ville d'Agde sont identifiées comme co-gestionnaires du site, aux côtés de l'ADENA, gestionnaire principal. C'est également l'ADENA qui anime le site Natura 2000.

L'équipe de la réserve est composée de 5 ETP[17] au 1er janvier 2012 :

- Une conservatrice et animatrice Natura 2000
- Une chargée d'étude scientifique et garde
- Un garde-technicien
- Un animateur
- Un agent-technique (mis à disposition par la CAHM)

Auxquels s'ajoutent des bénévoles et stagiaires.

Le siège administratif de l'ADENA est la maison de la réserve située au domaine du Grand Clavelet à Agde.

5 Financements

En 2013, le coût de fonctionnement supporté par l'ADENA était de 200 000 €. Les principaux financements proviennent du Ministère en charge de l'Écologie à hauteur de 60%. Les financements propres à l'ADENA prennent part à hauteur de 20% du total. Le reste est partagé entre la Ville d'Agde, le CG34, le mécénat Lyonnaise des eaux, les terres agricoles (CDL), les produits des animations.

6 Activités socio-économiques

Les activités liées au tourisme sont très nombreuses aux alentours de la réserve. Elles se concentrent essentiellement sur la période estivale. La population proche de 30000 habitants entre les communes d'Agde et de Marseillan est multipliée par 10 en été. Le développement fulgurant du secteur tertiaire de cette région contraste avec le déclin des activités agricoles. Celles-ci sont toujours dominées par la viticulture qui laisse place progressivement aux cultures et aux friches.

13 Conservatoire du littoral
14 Domaine Public Maritime
15 Domaine Public Fluvial
16 Communauté d'Agglomération Hérault Méditerranée
17 Équivalent temps plein

B Contexte écologique général

1 Climat méditerranéen

En France, le climat méditerranéen s'étend jusqu'à 100 km à l'intérieur des terres. Les températures annuelles sont élevées par rapport au reste du territoire national. Les étés sont arides, l'humidité peut parfois être très faible contraignant la faune et la flore à de sévères conditions de vie. Les hivers sont doux avec des épisodes de fortes pluies (figure 3). Le rapport très élevé entre précipitations d'automne et précipitations d'été (> 6) est le caractère principal de ce climat (Joly et al., 2010). Des vents violents soufflent tout au long de l'année (Météo-France). Les vents soufflant du secteur nord sont dominants (tramontane et mistral, figure 2). Particulièrement secs, ils engendrent une forte évaporation des eaux. Les vents du sud sont quand à eux à l'origine d'entrées maritimes ponctuelles et difficilement prévisibles.

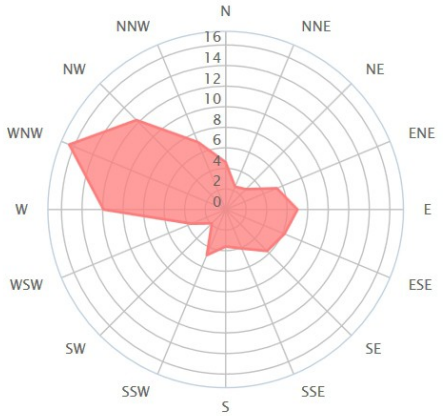


Figure 2: distribution des vents, Marseillan (windfinder.com)

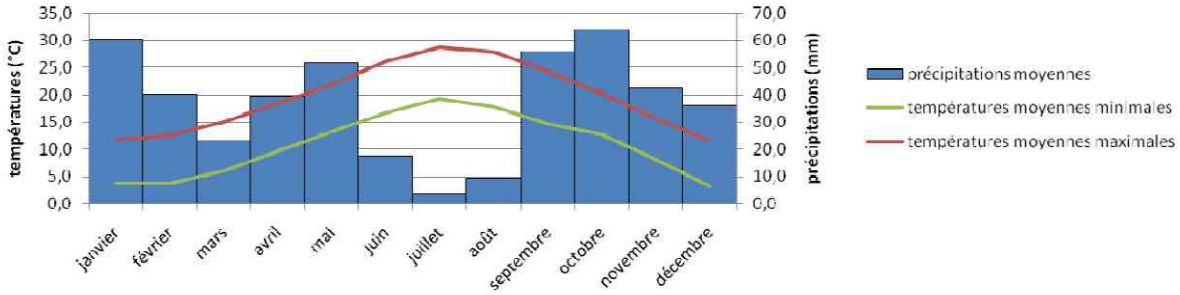


Figure 3: diagramme ombro-thermique, Marseillan 2005-2010 (ADENA, 2013)

2 Changements climatiques

Les zones humides littorales et les régions méditerranéennes figurent parmi les zones recelant les habitats et les espèces les plus vulnérables aux changements climatiques (EEA, 2005). Les deltas et lagunes sont en premières lignes face à l'érosion dunaire, l'élévation du niveau de la mer et la submersion marine. Des données récentes montrent que le contexte de changement climatique global aura des répercutions tout à fait locales. Déjà, la baisse des précipitations et l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des périodes de sécheresses provoquent un assèchement précoce des zones humides, constaté sur la réserve (Laget, 2008 ; ACH[18], 2011 ; Aqua Conseils, 2009).

3 Nature des sols

Dans l'ensemble, les sols sont argilo-limoneux. Le sud de la réserve a une tendance sablo-limoneuse et sablonneuse en arrière dunes tandis que le nord, l'étang, est constitué de sédiments superficiels vaseux. En profondeur les sédiments sont de type vaso-coquillé rappelant l'influence marine. La topographie du site montre une légère inclinaison nord-ouest/sud-est.

18 Association Climatologique de l'Hérault

4 Intégration paysagère

Le littoral du Languedoc-Roussillon et particulièrement celui de l'Hérault consiste en une continuité d'étangs et de lagunes. L'intérieur de la région est caractérisé par la plaine de l'Orb. Drainée par l'Hérault, le Libron et l'Orb, cet espace sans obstacle sépare le littoral des collines de calcaires viticoles ou de garrigues. C'est un vecteur de communication historique aujourd'hui très fréquenté. Le caractère naturel du littoral a laissé place à une anthropisation massive sous la forme de stations balnéaires comme la Grande Motte à l'est du département. Plus à l'ouest, le littoral n'offre qu'une succession de ces stations. Seul l'étang de Vendres présente encore une zone humide remarquable au débouché de l'Aude (DREAL, 2014). Des continuités écologiques existent entre les différents éléments naturels de ce littoral mais semblent peu fonctionnelles.

Figure 4: périmètres des grands ensembles naturels au sein de la réserve.

La réserve fait parti de l'ensemble formé par le littoral de Sète et le bassin de Thau. Elle est un des rares espaces naturels ayant résisté à l'urbanisation extrême du littoral méditerranéen. L'anthropisation massive ne s'est pas arrêtée aux limites de la réserve. Le site est traversé en son centre par le canal du midi, la route de Sète (D612) et une voie ferrée.

La réserve du Bagnas renferme, en une superficie relativement restreinte de 561 ha, une succession complète de dunes et zones humides littorales méditerranéennes qui se répartissent sur 4 grands secteurs : la zone littorale, le Petit Bagnas, La zone intermédiaire et le Grand Bagnas (figure 4). L'ensemble est classé comme une lagune méditerranéenne (RSL[19], 2012).

C Le site d'étude

1 Au nord : Le Grand Bagnas

Les limites spatiales de l'étude sont celles du secteur appelé Grand Bagnas, aussi connu sous appellation « étang du Bagnas ». Ces écosystèmes se retrouvent en France sur le littoral du Languedoc-Roussillon et de Provence Alpes Côte-d'Azur. Elle est délimitée au sud par le canal du Midi. Anciennement en continuité hydrologique avec la mer c'est désormais un espace fonctionnant comme une lagune mésohaline, c'est à dire dessalée. Cette évolution est considérée comme naturelle dans le fonctionnement de ces écosystèmes.

19 Réseau de Suivi Lagunaire

2 Historique du site

Selon les connaissances actuelles, le Grand Bagnas tiendrait son origine de la dernière élévation importante du niveau des mers il y a environ 7000 ans. Un cordon dunaire s'est alors formé en séparant la dépression du Bagnas et la Méditerranée. Il y a 700 ans la branche orientale de l'Hérault qui alimente l'étang termine de se combler. S'en suit diverses activités d'exploitation de la richesse biologique du site comme la chasse et la pêche. Plusieurs tentatives d'assèchement pour son exploitation agricole échouent. En 1789, les premiers salins sont mis en place. Jusqu'en 1969, les activités salicoles modifient profondément la structure et le fonctionnement du site. De nombreux ouvrages de maîtrise de l'eau sont construits, réseaux de canaux, digues, martelières. Au temps des salins, une connexion existait entre les étangs de Thau et du Bagnas via le canal de Pioch Couguioul. L'eau salée était alors pompée mécaniquement. Celui-ci n'est plus fonctionnel à ce jour. Des essais de conchyliculture et de pisciculture ont également eu lieu. Le sud-ouest du site en témoigne avec la création de plusieurs petits bassins indépendants pour l'élevage d'anguilles. En parallèle, l'étang est également utilisé pour la chasse au gibier d'eau. La création de la réserve en 1983 a mis fin aux activités économiques sur le site.

3 Habitats du Grand Bagnas

Le Grand Bagnas s'étend sur plus de 300 ha et se distingue des autres secteurs de la réserve par sa zone humide permanente. La superficie est largement dominée par les eaux libres de la lagune (58,3%). La phragmitaie est le second habitat le plus représenté avec 66 ha de roseaux. Cette surface s'élève à près de 100 ha si l'on y ajoute les nombreux habitats en mosaïque, mélangeant les phragmitaies aux prés salés, aux friches et aux mares intérieures de petite surface. La répartition s'organise autour de la lagune centrale. La première ceinture végétale est constituée par la roselière. Cet ensemble est délimité par une digue construite autour du plan d'eau. En périphérie à l'ouest s'étendent les séries de bassins artificiels. Le régime hydrologique y est particulier, il en résulte une végétation adaptée aux gradients de salinité et d'humidité (annexe II). C'est suite à l'arrêt de l'exploitation du sel que la lagune s'est progressivement adoucie vers une eau saumâtre laissant se développer des formations végétales comme les roselières

4 Fonctionnement hydrologique

La gestion hydraulique du site utilise quelques ouvrages issus de l'exploitation de ce dernier. Aujourd'hui ils permettent de gérer les entrées et sorties d'eau de l'étang principal et de certaines zones humides annexes. En 2013, dans le cadre du DOCOB[20] du site Natura 2000, une étude menée par un bureau d'étude a permis d'affiner la compréhension du fonctionnement hydraulique et la qualité de l'eau de la réserve. La gestion du Grand Bagnas correspond à une évolution saisonnière. Les niveaux d'eau sont maintenus hauts en hiver puis abaissés progressivement. En automne, le niveau remonte par des entrées d'eau du canal du Midi. Ces entrées sont réalisées grâce au canal saint-Martin qui puise l'eau douce dans le canal du Midi en amont de sa dernière écluse, l'aval étant saumâtre. Une partie du volume prélevé est restitué en aval de l'écluse par le canal du « T ». Le réseau hydraulique du Grand Bagnas se divise en 5 sous-ensembles (figure 5) :

- Le canal de la longe (en vert). Il est alimenté par le canal de Pont-Martin. Ce canal est obstrué au nord par un remblai.

20 Documents d'objectifs

- Le canal de ceinture nord (en bleu). Il est alimenté par ruissellement, submersion du remblai le séparant du canal de la longe et par apports de débordements du ruisseau de Saint-Michel.
- Le canal de l'ouest (en cyan). Il permet d'alimenter l'étang en eau douce.
- Le canal de l'est (en jaune). Il est séparé de l'étang par une digue. La liaison avec celui-ci s'effectue au niveau du « T » par une vanne manœuvrable. Ce canal est également connecté au canal du Midi.
- Le contre-canal (en marron).
- Le réseau de canaux résiduels (en rouge). Il résulte de l'organisation passée de l'étang en bassins indépendants. Aujourd'hui ces anciens bassins sont connectés en permanence. Une partie de ce réseau reste encore fonctionnel.

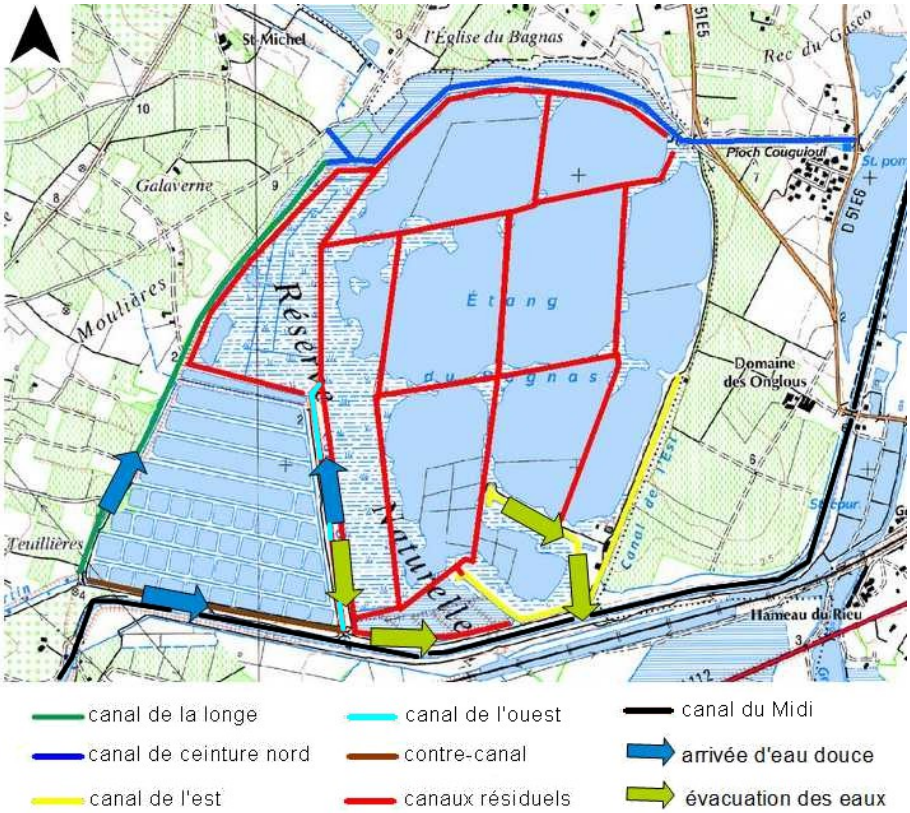


Figure 5: Structure du réseau hydraulique interne du Grand Bagnas (ADENA, 2013 ; Aqua Conseils, 2013)

L'étude hydraulique montre que cette zone humide dépend fortement des entrées d'eau du canal du midi. Les précipitations locales ne sont pas de nature à garantir des niveaux d'eau assez hauts par rapport aux objectifs de gestion. Les bassins versants alimentent très peu l'étang en ruissellement et les cumuls annuels de précipitations montrent un déclin sur la période 2000-2012 par rapport à 1898-1999, passant de 673 mm à 508 mm. Il en résulte une augmentation de la fréquence et de la durée des périodes d'assèchement.

Malgré son alimentation en eau douce, l'étang reste saumâtre en raison de remontées de sel stocké dans les sédiments.

Partie 2 Synthèse

Le site d'étude fait partie de la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas. Par définition il bénéficie d'outils de protection parmi les plus forts. Le classement en réserve depuis 1983, puis l'acquisition de la majorité des terrains par le CDL en 2003 permettent à l'ADENA, association gestionnaire principale, d'étudier, comprendre, protéger et gérer ces espaces naturels en faveur de la biodiversité. La réserve s'étant sur 561 hectares.

Cette réserve s'inscrit dans un contexte socio-économique particulier. C'est un des rares espaces naturels ponctuant une matrice paysagère composée principalement de parcelles viticoles et de stations balnéaires dans cette partie de l'Hérault. La pression touristique y est très forte en été.

Le contexte écologique est conditionné par le climat méditerranéen. Le site d'étude est une ancienne lagune méditerranéenne, déconnectée de la mer.

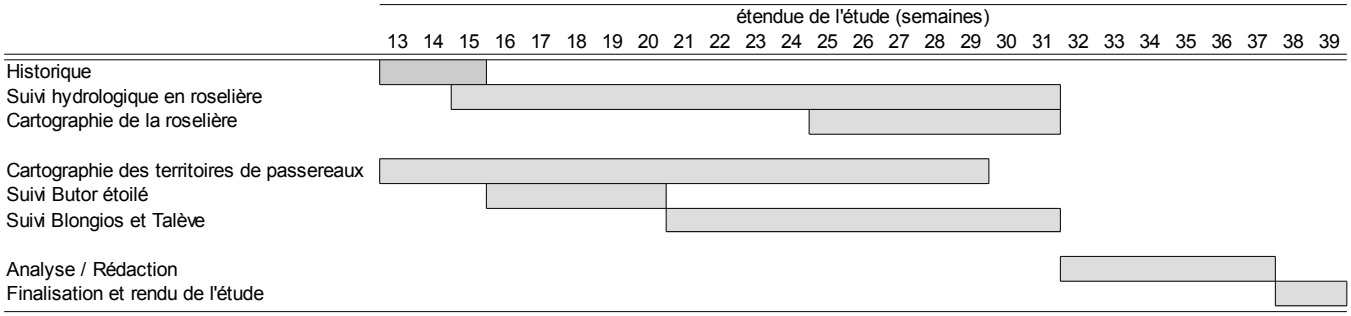
Le fonctionnement écologique des roselières est intimement lié à la gestion hydraulique de l'étang. Depuis la découverte d'un peuplement d'oiseaux d'intérêt patrimonial en roselière dans les années 1970, l'apport d'eau douce est préconisé pour garantir entre autres la pérennité des phragmitaies. Des niveaux d'eau hauts en hiver sont nécessaires à l'accueil des oiseaux hivernants. Au printemps la gestion en faveur du peuplement reproducteur, notamment les Ardeidae, Rallidae et passereaux, nécessite moins d'eau mais exige le maintien d'un certain niveau, en particulier en roselière.

La compréhension et la gestion de ces espaces sont toutefois compliquées par les changements rapides dans le fonctionnement des écosystèmes. De part son étendue et sa répartition, la roselière de la RNN du Bagnas offre d'importantes facilités d'accès, un avantage considérable dans l'étude des relations entre les oiseaux et leur habitat.

PARTIE 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les méthodes mises en place pour répondre aux objectifs de l'étude sont relativement nombreuses. Pour simplifier la compréhension de leur articulation, la planification des principales missions réalisées est donnée dans le tableau 1. Les méthodes sont ensuite détaillée une à une.

Tableau 1: Synthèse chronologique des différentes phases de l'étude.



A Axe 1 : Identifier des massifs de roselière

1 Retracer l'histoire de la roselière

Les facteurs influençant la dynamique des roselières peuvent être nombreux et les interactions complexes. Un diagnostic correct nécessite de prendre en compte d'éventuelles perturbations anciennes afin de comprendre au mieux l'état actuel observé.

a Cartographies par photo-interprétation

La photographie aérienne est devenue une technique systématique, bien que récente, pour la réalisation des cartes (Le Corre, 2002). La qualité des orthophotographies actuelles permet de réaliser des cartographies fines de l'occupation du sol. Sont également disponibles sur le Géoportail[21] des photographies aériennes historiques permettant de remonter le temps. Les prises de vue zénithales autorisent un géoréférencement assez fiable de ces images. Sur le périmètre de la RNN du Bagnas, la roselière été cartographiée pour les années 1977, 1989, 1996, 2001, 2005, 2009 et 2014 au cours de cette étude. Les cartographies de 1977 à 2009 sont directement issues de photographies aériennes. Celle de 2014 est basée sur les orthophotographies de 2005 (celle de 2009, plus récente, est pourtant de moindre qualité) et mise à jour par des relevés de terrains réalisés cette année. La numérisation s'effectue grâce à un logiciel de SIG[22] (QGIS Development Team, 2014). L'échelle de cartographie retenue est de 1/2500e. La résolution des documents les plus anciens a déterminé ce standard de cartographie. Cette méthode permet dans un premier temps de mettre à jour la surface d'emprise de la roselière et offre ensuite la possibilité d'illustrer l'évolution de cette surface depuis plusieurs décennies.

b Analyses de photographies aériennes

Des photographies aériennes de la réserve sont disponibles. Elles ont été prises lors de survols par ULM[23]. Ces images sont encore plus précises que les campagnes de photographies aériennes de l'IGN. Malheureusement,

21 http://geoportail.gouv.fr/accueil
22 Système d'Information Géographique
23 Ultra-léger motorisé

l'inclinaison trop souvent importante des prises de vue empêche leur redressement par géoréférencement pour l'intégration à un SIG. Seules des observations directes sont possibles par comparaison diachronique. Malgré ces limites, ces documents apportent des informations complémentaires à la photo-interprétation.

c Témoignages

- Bibliographie

Au delà des années 1970, la qualité des anciennes photographies aériennes ne permet pas la cartographie avec certitude des formations végétales pourtant visibles. La recherche de données bibliographiques permet de confirmer ou d'infirmer certaines hypothèses émises suite à la photo-interprétation.

- Cartographies

Des données cartographiques de l'EID[24] datant des années 1965 ou 1966, 1975 et 1994 permettent de remonter encore plus précisément dans le passé du site. Ces données ne sont disponibles qu'en version papier.

- Entretiens

Des entretiens ont été réalisés avec des personnes reconnues comme participant à la mémoire du site. Ils apportent des renseignements riches notamment sur l'évolution de la perception et des pratiques anciennes. Certaines traces d'activités peuvent être décelées par photo-interprétation mais l'information est bien trop ponctuelle pour pouvoir estimer l'importance des activités anthropiques qui s'y exerçaient.

2 Fonctionnement hydrologique de la roselière

a Analyse des données existantes

La première approche de ses facteurs consiste à relier des données déjà existantes entre elles. Les suivis effectués sur la réserve sont à l'origine d'une base de données de plus de 20 ans. Ces suivis s'inscrivent au sein de programmes de recherche à l'échelle méditerranéenne. C'est le cas des données issues des suivis RSL[25] et FILMED[26]. Le RSL est un outil de diagnostic des lagunes. Il vise principalement à suivre l'évolution du phénomène d'eutrophisation de ces milieux naturels. Le FILMED est un suivi commun aux gestionnaires des lagunes méditerranéennes permettant d'obtenir des résultats standardisés, comparables et de mutualiser les expériences et compétences. Dans le cadre de ce programme, six points hydrologiques de référence sont suivis sur le Grand Bagnas toutes les deux semaines. Des informations sur les niveaux d'eau et les caractéristiques physico-chimiques sont produites depuis 1997. L'utilisation de ces données n'a été rendue possible qu'après un travail relativement important d'uniformisation des sources d'informations.

24 Entente Interdépartementale de Démoustication
25 Réseau de Suivi Lagunaire
26 Forum Interrégional des Lagunes Méditerranéennes

b Suivi hydrologique en roselière

L'objectif de ce suivi est de :

1) modéliser l'évolution des différentes caractéristiques hydrologiques en roselière. Les résultats permettront de répondre à une partie de l'axe 1 de l'étude.

2) Relier les informations du suivi FILMED à l'évolution hydrologique en roselières. Les points de suivi FILMED au sein même de la roselière étant insuffisants pour l'étude, un suivi complémentaire ciblé est organisé. Au total, 47 points ont été suivi d'avril à août en roselière et sont comparables aux points FILMED réalisés en parallèle (figure 6). Les emplacements sont choisis de manière à couvrir l'ensemble des différents secteurs de roselière. De nombreuses contraintes ont limité ce suivi. En effet, les points sont placés en fonction de l'accessibilité à la roselière (limitation du piétinement), certains étant par exemple uniquement accessibles en barque. Le dérangement potentiel de la faune (e.g., colonie de sterne pierregarin) à également été pris en compte, tous les points n'ont donc pas pu être suivis à chaque session. La réalisation de ce suivi a nécessité deux personnes sur deux demi-journées toutes les deux semaines. Chaque point est localisé précisément au GPS et un piquet coloré dépassant de la roselière permet de retrouver l'emplacement rapidement. Des prélèvements d'eau sont réalisés et analysés *a posteriori*.

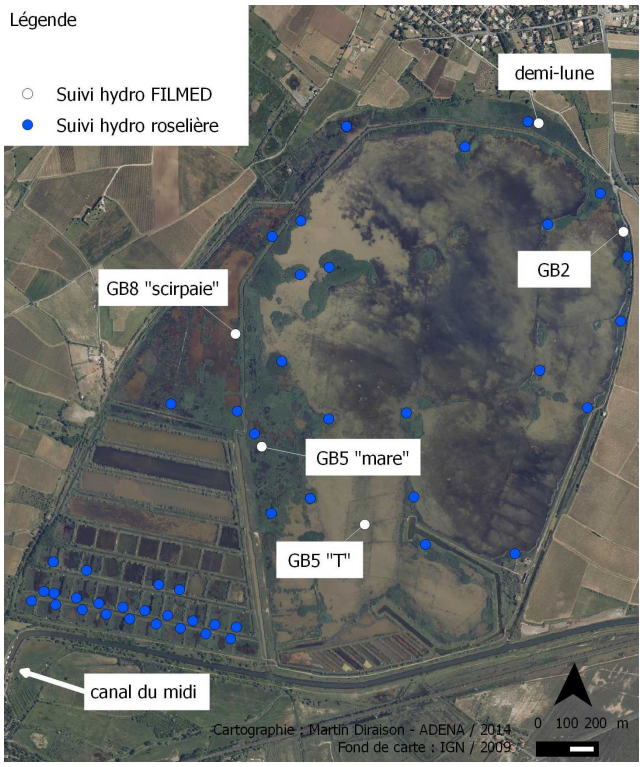


Figure 6: Localisation des points de suivi hydrologiques en 2014.

Les mesures acquises lors de ce suivi sont :

- hauteur d'eau (en roseau et en zone d'eau libre)
- conductivité
- salinité
- pH

Les mesures d'oxygénation et de température auraient été intéressantes mais l'utilisation de sondes directement sur le terrain n'a pas été possible compte tenu des moyens techniques limités (temps passé sur le terrain et nombre de sondes disponibles).

Une série de tests de corrélation et de régressions linéaires sont réalisés. Chaque point de suivi en roselière peut alors être comparé aux points de références FILMED. Cette démarche permet de construire un modèle hydrologique simple (Dray et Dufour, 2007 ; Cornillon *et al.*, 2012 ; R Core Team, 2013).

3 Typologie des massifs de roseaux

L'objectif est de démontrer et d'identifier l'hétérogénéité de la roselière. Des structures spatiales seront identifiées grâce aux variables relevées.

a Analyse des données existantes

Un suivi est réalisé sur les roselières, le Rezo du Rozo depuis 1998. Il s'agit d'un groupe d'échanges d'expériences sur cet habitat. L'objectif est de tester des protocoles de suivis et de constituer un référentiel permettant la caractérisation des roselières. Le principe est de caractériser la roselière et son intérêt patrimonial ainsi que rechercher les corrélations entre les paramètres de structure de l'habitat et les facteurs environnementaux. Chaque station est constituée d'un transect de 150 m. Les relevés des paramètres s'effectuent tout les 2 m en 1998 et 2000 et tous les 5 m pour les autres années (soit respectivement 70 et 30 relevés par transect). Sur la roselière de la RNN du Bagnas, deux transects sont suivis, le GB1 (aussi appelé « demi-lune ») et le GB5 (figure 7).

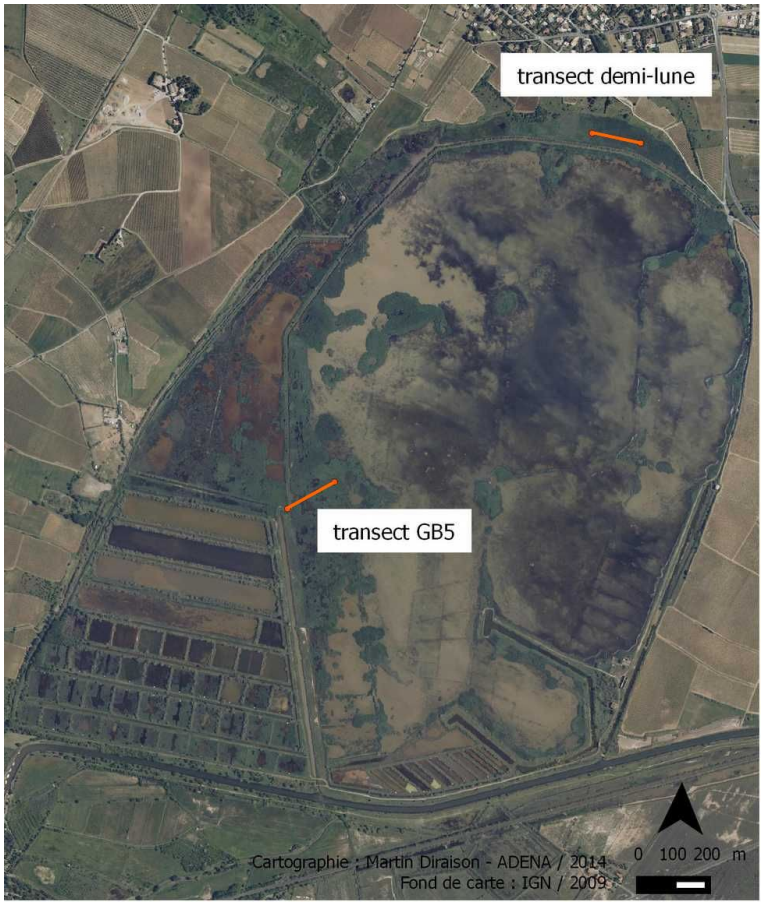


Figure 7: Localisation des transects Rezo du Rozo.

Le protocole doit être réalisé au mois de septembre tous les ans, période de maturité de la roselière. Cette contrainte n'a pas toujours été respectée. Le protocole n'a pas été réalisé en 2005, 2007 et 2008 (tableau 4).

Ce protocole faisant l'objet d'une bibliographie riche, le détail de la méthode est disponible par ailleurs (Mauchamp, 2002 ; Mauchamp et Yaverkovski, 2002 ; Clair, 2010). Cette série de données doit permettre d'appréhender l'évolution temporelle d'une partie de la roselière sur un pas de temps décennal. Les résultats pourront également servir à retracer l'histoire récente de la roselière. La présence de deux transects est un premier pas vers l'analyse de l'hétérogénéité de la roselière. Enfin, comme le prévoit le programme, la mise en relation de ces résultats avec les caractéristiques physico-chimiques disponibles sur le milieu doit permettre d'identifier certaines causes d'évolution de la végétation.

Tableau 2: Dates de réalisation du protocole Rezo du Rozo. -- : absence d'information ; / : interruption du suivi.

	années	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
sites	B1	16/10	--/09	27/09	04/09	01/10	16/09	28/10	/	27/10	/	/	22/10	06/10	04/10	25/09	11/09
	B5	16/10	--/09	29/09	04/09	01/10	17/09	29/10	/	16/10	/	/	17/11	21/10	05/10	26/09	29/09

b Identification et choix des variables

Une partie des variables relevées est commune au suivi hydrologique. Elles sont ici complétées pour décrire les différents types de massifs de roseaux et correspondre aux exigences de l'avifaune. L'ensemble de ces paramètres est classé suivant deux catégories :

1) Les variables descriptives d'un état de la roselière (tableau 2).
2) Une série de variables permettant d'expliquer les structures identifiées (tableau 3).

Tableau 3: Variables identifiées comme descriptives.

variable	justification
hauteur de vase	mesure de la dynamique de minéralisation
litière épaisseur	indice de décomposition + disponibilité alimentaire pour les passereaux.
diversité floristique	composition de la roselière +disponibilité alimentaire pour les passereaux
hauteur roseau	structure et dynamique de la roselière
diamètre roseau	structure et dynamique de la roselière
densité tiges vertes	structure et dynamique de la roselière
densité tiges sèches	structure et dynamique de la roselière
densités panicules (inflorescence sèche)	structure et dynamique de la roselière +disponibilité alimentaire pour les passereaux
densités inflorescences (de l'année)	structure et dynamique de la roselière +disponibilité alimentaire pour les passereaux
trouées/clairs	indice sur la dynamique de la roselière
surface en roseau	indice sur la dynamique de la roselière
surface en ligneux	indice sur la dynamique de la roselière
longueur en lisière/interface	évaluer l'effet lisière et l'hétérogénéité des massifs

Tableau 4: Variables identifiées comme explicatives. Elles peuvent expliquer en partie les mesures des variables descriptives.

variable	justification
turbidité	influence les possibilités de développement d'une flore aquatique.
salinité en surface	paramètre structurant la dynamique des roselières
salinité souterraine	paramètre structurant la dynamique des roselières
niveau d'eau en touradons	paramètre structurant la dynamique des roselières
niveau d'eau en eau libre	évaluer la disponibilité en eau hors roselière

Les problématiques concernant l'avifaune des roselières sont particulièrement suivies en région méditerranéenne. L'ensemble de ces paramètres a été présenté à un groupe d'experts lors d'une réunion le 9 juillet 2014. Ceci a permis d'avoir un premier retour critique sur la démarche et d'insérer ce travail au sein d'un réseau de scientifiques, gestionnaires et décideurs. Il en sera d'autant plus aisé de valoriser les résultats. Cette réunion a été mise en place en partenariat avec le CEN L-R et le SMDA.

c Échantillonnage en roselière

Une grille de points régulière est appliquée virtuellement sur l'ensemble de la roselière (figure 8). L'échantillonnage est dit « aveugle », ne se basant pas sur les particularités du paysage de la roselière. Ce type de maillage est préconisé dans la modélisation de territoires. Il permet de croiser différentes données sur le périmètre d'étude (CERTU, 2011).

L'effort consacré s'illustre par les dimensions des mailles de la grille de points. Le choix s'est porté sur une grille aux mailles de 50 m de côté. Chaque croisement de ligne est alors la localisation d'un point d'échantillonnage. Les coordonnées (x;y) de chaque croisement sont extraites et permettent de se repérer en roselière à l'aide d'un GPS[27].

27 Global Positionning System Garmin eTrex Vista HCx

Au total, 295 échantillons ont été réalisés en roselière entre le 19/06 et le 01/08. Il était important d'effectuer les relevés le plus en adéquation avec la période de reproduction des espèces ciblées.

De nombreuses contraintes ont conditionné la stratégie d'échantillonnage. En premier lieu le dérangement de l'avifaune nicheuse. Étudier l'habitat de reproduction d'une espèce a ceci de délicat d'aller à l'encontre de la tranquillité des individus, la simple présence humaine est susceptible de provoquer de nombreux dérangements. Certains semblent anodins, comme la curiosité des passereaux, d'autres beaucoup plus directs comme la fuite voire l'abandon d'une nichée. Deuxièmement, l'échantillonnage doit tenir compte d'un compromis entre représentativité et précision. C'est un équilibre entre la surface et le nombre d'échantillons. Enfin, entre 110 et 120 heures ont été consacrées à cette phase en plus d'autres missions et participation aux suivis de la réserve. Malgré ces contraintes, les particularités de la roselière de la réserve ainsi que les moyens de l'étude ont permis la mise en place d'une stratégie d'échantillonnage relativement lourde.

Le mode d'échantillonnage régulier tel qu'il est décrit concerne tous les secteurs sauf GB6. Ce secteur présente d'importantes surfaces de phragmitaies mais son partitionnement en petits bassins demande certaines adaptations. Sur l'ensemble des 40 bassins, 25 sont occupés par des surfaces en roselières susceptibles d'accueillir des oiseaux. Les bassins sont relativement proches dans leurs formes et dimensions. Ce sont schématiquement des quadrilatères de 70 m de côté. L'application de la grille de 50 m n'y étant pas du tout satisfaisante, un échantillonnage a été réalisé par bassin. Cette stratégie est basée sur l'hypothèse que les roselières au sein de chaque bassin sont homogènes.

d Application de la méthode

- Relevés terrain

Les relevés se sont déroulés préférentiellement le matin pour des raisons pratiques liées aux fortes chaleurs estivales. Équipé de waders épais les déplacements sont facilités à travers les roseaux. Le reste de l'équipement se compose du matériel suivant :

- Quadrat métallique (50*50 cm)
- Double mètre pliant en bois
- Pied à coulisse
- Un poids de 500 grs
- Sacs de congélation
- Piluliers pour prélèvement d'eau
- Dictaphone (prise de note)
- GPS
- Disque de Secchi
- Besace rigide et gilet de pêche

Les différentes méthodes de mesure des variables sont résumées en annexe IV.

Afin de minimiser l'impact du piétinement des roseaux, l'emprunt des cheminements déjà existants a été privilégié. Il s'agissait essentiellement des très nombreux passages à faune plus ou moins marqués ainsi que de micro-canaux praticables.

- Analyses statistiques et modélisation spatiale

Étude des variables

Les variables sélectionnées pour mettre en évidence les massifs de roselière sont de type quantitatives. Une ACP[28] est donc privilégiée. Elle permet dans un premier temps d'identifier certaines relations entre variables par des matrices et cercles de corrélations. A l'issue de cette première étape, une seconde sélection est réalisée sur les corrélations les plus fortes afin de réduire le nombre de variables et optimiser la classification (Dray et Dufour, 2007 ; Cornillon *et al*., 2012 ; R Core Team, 2013 ; Hervé, 2014).

Classification des échantillons

L'ensemble des échantillons en roselière est classé afin de mettre en évidence des groupes aux ressemblances statistiques. Une CAH[29] est réalisée sur les résultats de l'ACP. La méthode de Ward est privilégiée pour sa lisibilité et sa large utilisation en écologie. Elle consiste à regrouper les classes d'individus en fonction d'une matrice de distances pour lesquelles la perte d'inertie est la plus faible. Cette méthode est complémentaire à l'ACP. L'analyse débouche sur la création d'un dendrogramme et d'un nombre de classes qui constitue le nombre de massifs différents de roselière. Chacune de ses classes est explorée en y réalisant une seconde CAH afin d'identifier des « sous-classes ». Lorsque celles-ci sont très différenciées elles sont conservées (Dray et Dufour, 2007 ; Chessel *et al.*, 2008, R Core Team, 2013 ; Hervé, 2014).

Modélisation spatiale des massifs

La première approche de modélisation spatiale des massifs de roselière consiste à réaliser des cartographies des variables relevées. A partir des mesures géoréférencées dans la roselière il est possible d'estimer les valeurs prises en d'autres points de l'espace. La méthode retenue est celle de la puissance inverse des distances. Cet algorithme est un interpolateur exact. La surface calculée est la plus lisse possible. Chaque valeur à interpoler est calculée comme une moyenne pondérée des observations. Afin d'éviter la création de zones circulaires autour des valeurs observées (bull'eyes) la puissance minimale d'interpolation est de 5. Ce type d'analyse permet d'obtenir des informations surfaciques rapidement. Le document final est un fichier de formes de polygones de type « shapefile.shp ». Il est réalisé grâce à un SIG .

La modélisation spatiale des massifs de roselières est directement issue de la classification des échantillons. Chaque échantillon est individualisé grâce à un identifiant unique. Un numéro de classe (=massif) lui est associé. Les classes étant des variables qualitatives la modélisation est réalisée par interpolation grâce à la méthode du plus proche voisin. La méthode de calcul consiste en une interpolation sur les huit points de référence les plus proches du point à interpoler, répartis dans les octants. L'importance d'un point de référence est d'autant plus grande dans le

28 Analyse en composante principale
29 Classification ascendante hiérarchique

résultat du calcul que sa distance au point à interpoler est faible. Le fichier obtenu est un « shapefile.shp » de polygones. La carte des massifs nécessite quelques corrections manuelles sur des secteurs ou l'interpolation n'est clairement pas pertinente. L'ensemble de la modélisation est réalisée dans un SIG (Guillot, 2004 ; Despagne, 2006 ; CERTU, 2011 ; QGIS Development Team, 2014). La méthode est détaillée en annexes IV a et b.

e Limites

La grille de point s'est avérée relativement lâche sur plusieurs secteurs de roselière. Certains points ont été volontairement déplacés afin de mieux correspondre aux zones occupées. De plus, l'échantillon est considéré dans cette étude comme valide lorsqu'il est réalisé dans un rayon de 10 m autour de la localisation précise du point théorique d'échantillonnage (intersection de grille). En effet, les réalités du terrain n'ont pas toujours été en adéquation avec la théorie :

- Certains points étaient positionnés hors d'une zone de roselière (bordure d'étang, trouée intérieure, formation végétale exempt de roseau commun).
- Le manque de précision du GPS (± 5m). L'utilisation d'une photographie aérienne fût plusieurs fois plus efficace.
- Le dérangement évident qu'aurait occasionné l'accès précis aux points pour la faune (découverte d'un nid par exemple).

La phase d'échantillonnage terminée, 75% des échantillons sont inscrits dans ce rayon de 10 mètres autour des points théoriques. Malgré 25% de l'échantillonnage hors protocole cette souplesse s'est avérée justifiée et nécessaire. Néanmoins, les légers déplacements de points par rapport à la grille théorique ne sont pas de nature à dégrader la qualité d'échantillonnage. L'analyse du plus proche voisin donne des résultats tout à fait satisfaisants sur la qualité du plan d'échantillonnage (distance moyenne : 49,3 ; R = 2,01 ; Z = 105,3). Cela signifie que le motif spatial de la grille observé après la phase de terrain est très éloigné d'une distribution au hasard, qu'il fallait éviter, et significativement proche d'une équi-répartition (Despagne, 2006). De manière générale, l'ensemble de l'échantillonnage est jugé satisfaisant (figure 8).

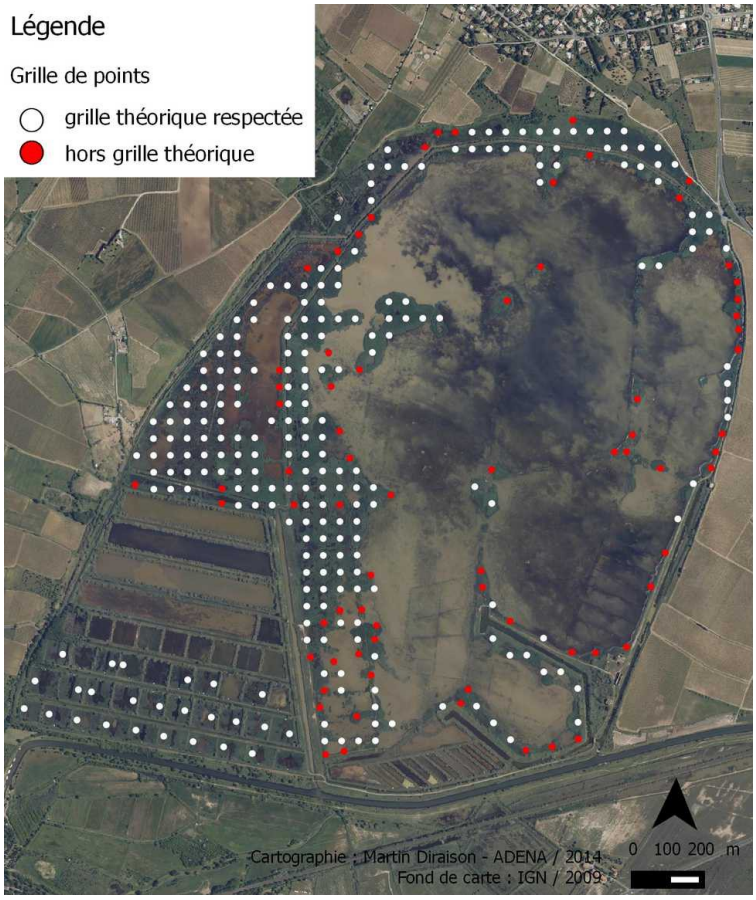


Figure 8: Grille de points suivie pour l'échantillonnage en roselière.

B Axe 2 : Améliorer les connaissances sur le peuplement d'oiseaux

1 Suivi du peuplement d'oiseaux reproducteurs

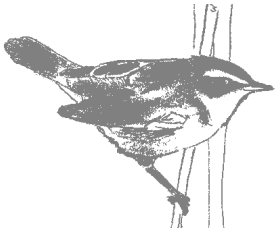
L'étude du peuplement d'oiseaux porte sur les espèces réalisant leur période de reproduction en roselière. Sont exclus de cette étude les Anatidae ainsi que certains Rallidae comme la Gallinule poule-d'eau, *Gallinula chloropus* (L.) et le Râle d'eau, *Rallus aquaticus* (L.). Si ces dernières espèces sont contactées régulièrement en roselière, elles n'en constituent toutefois pas le cortège typique. Compte tenu de la période d'étude, le peuplement reproducteur fait l'objet d'une attention particulière. Des méthodes sont réalisées et adaptées en fonction des différentes espèces ciblées. Les références aux statuts de reproduction sont basées sur la codification de l'EBCC[30] (annexe V)

2 Données existantes

Les premières données ornithologiques datent des années 1970 avec les découvertes d'une équipe du MNHN. Il s'agissait surtout d'inventaires mettant en lumière l'importance du site dans l'accueil des oiseaux. Depuis la création de la réserve des suivis ont été mis en place et permettent d'obtenir des informations continues sur une longue période de temps. Le suivi le plus long concerne la colonie de hérons pourprés, réalisé depuis 1980. Les oiseaux d'eau font l'objet d'un suivi hebdomadaire depuis 1990. Cette méthode permet d'obtenir des tendances dans l'évolution de la fréquentation du site. Pour compléter, un suivi basé sur la méthode du STOC-EPS[31] du MNHN est réalisé depuis 2005 et concerne les passereaux en période de reproduction. La période de migration est couverte par des opérations de baguage depuis 2006. Les données acquises en 2014 s'inscrivent dans ce contexte de suivi de l'avifaune sur la réserve.

3 Passereaux : Cartographie des territoires de reproduction

La cartographie des territoires cible l'ensemble des espèces de passereaux. Seuls les résultats concernant les espèces inféodées aux roselières sont présentés dans ce rapport :



La Lusciniole à moustaches est une fauvette aquatique au chant mélodieux. Sa répartition européenne est très morcelée. En France elle n'est présente que sur le pourtour méditerranéen. Elle affectionne les roselières inondées et les fortes densités en inflorescences (Sinnassamy et Mauchamp, 2000). Les populations sont sédentaires ou partiellement migratrices. Le nombre de couple est estimé entre 3000 et 6000 en 2000 (Dubois *et al.*, 2008). Espèce à la nidification précoce, la période de chant s'étale de début mars à mi-mai. En Camargue la ponte commence dès mi-mars. L'incubation est de 11 à 13 jours, les jeunes quittent le nid vers 12 jours (Géroudet, 1998).

[D.O. : I ; UICN : Quasi-menacé]

◄ *Lusciniole à moustaches*

Le chant puissant de la Rousserolle turdoïde retentit de retour des quartiers d'hiver africains à partir de mi-avril dans les roselières. C'est un nicheur peu commun en France, l'effectif est estimé entre 3000 et 5000 couples en 2000 (Dubois *et al*., 2008). C'est une espèce localisée et dispersée en France, absente d'un grand quart nord-ouest et des régions avec reliefs. Elle privilégie les roselières avec des tiges hautes à fort diamètre. Elle ne tolère aucun passereau à l'intérieur de son territoire. La femelle pond 4 à 5 œufs qu'elle incube pendant 13 à 15 jours. Les jeunes prennent leur envol à partir de 16 jours. Rarement,une seconde ponte est entreprise pour un envol début août. Très locaces en pleine période de reproduction, les adultes se taisent dès mi-juillet et deviennent très discrets. La plupart entreprennent la migration vers les quartiers d'hiver en Afrique à la fin août, très peu sont observés après (Géroudet, 1998 ; Sinnassamy et Mauchamp, 2000).

[UICN : Vulnérable]

◄ *Rousserolle turdoïde*

30 European Bird Census Council
31 Suivi Temporel des Oiseaux Communs – Échantillonnage Ponctuel Simple

La Rousserolle effarvatte est un oiseau commun des marais, en particulier dans les phragmitaies. En zone de sympatrie les densités de l'effarvatte sont contraintes par la présence de la turdoïde, les territoires s'excluent. Elle est présente sur presque l'ensemble du territoire français, plus dispersée dans la moitié sud. La population nicheuse est estimée entre 200 000 et 300 000 couples dans les années 2000 (Dubois *et al.*, 2008). Elle est assez peu exigeante sur son habitat de reproduction, elle se trouve en d'importantes densités (Sinnassamy et Mauchamp, 2000 ; Foucher, 2010). Les mâles se cantonnent dès la mi-avril, avant l'arrivée des femelles. La ponte est couvée une douzaine de jours, les jeunes quittent le nid vers 10 jours. Si les secondes pontes sont rares, généralement fin juin à mi-juilltet, les pontes de remplacement sont nombreuses. Des mouvements importants sont observés à partir de fin juillet pour les adultes et fin août pour les juvéniles jusque fin octobre (Géroudet, 1998).

[UICN : Préoccupation mineure]

◄ *Rousserolle effarvatte, nid*

La Panure à moustaches est une espèce des plus originales par ses mœurs et son plumage. C'est un nicheur peu commun en France, la population étant estimée entre 5000 et 7000 couples. Les principaux bastions se situent sur le littoral sud-breton et méditerranéen (Dubois *et al*., 2008). C'est une espèce sédentaire sujette à des mouvements invasionnels. Le maintien des populations semble lié à ses mouvements, aux vagues de froid dont l'espèce peut souffrir rapidement et au maintien de vieilles roselières. Elle est considérée comme semi-coloniale et les territoires n'existent pas. Les nicheurs s'organisent en petites colonies de quelques couples. Les terrains de chasse communs peuvent être très éloignés des nids. La ponte à lieu dès fin mars, l'incubation dure une douzaine de jours et une douzaine supplémentaire avant que les jeunes ne quittent le nid. Ces derniers se regroupent en troupes mêlant plusieurs couvées ne privilégiant pas forcément le type de roselière de naissance. Des secondes, troisième voire quatrième pontes ont été prouvées. Les plus tardives arrivent à éclosion en août (Sinnassamy et Mauchand, 2000 ; Géroudet, 1998).

[UICN : Préoccupation mineure]

◄ *Panure à moustaches,mâle*

Le Bruant des roseaux est un nicheur commun en France. La population reproductrice s'observe sur la moitié nord du pays et sur le littoral du Languedoc-Roussillon. Le nombre de couples est estimé entre 100 000 et 300 000 dans les années 2000. Parmi les nicheurs méditerranéens se distingue une sous-espèce *E.s.witherbyi* entre 300 et 1000 couples (Dubois et al., 2008). L'habitat de reproduction concerne des milieux paludicoles variés. Au printemps les mâles se cantonnent en chantant et paradant. La femelle construit le nid, incube les œufs pendant 12 à 14 jours. Les jeunes quittent le nid vers 10-13 jours. Les marais sont abandonnés vers fin-juillet (Géroudet et al., 1998).

[UICN : Préoccupation mineure]

◄ *Bruant des roseaux, mâle*

Les résultats issus de cette méthode concernant les autres espèces sont disponibles par ailleurs auprès du gestionnaire de la RNN.

a Fonctionnement

La méthode se base sur la notion de territoire. La dimension spatiale et temporelle d'un territoire est très variable et souvent difficile à mettre en évidence. La plupart du temps, la constatation de celui-ci est issue de l'observation ou de l'étude de comportements agonistiques propres à l'espèce. L'individu défend un espace, le territoire. Ce phénomène est particulièrement connu et étudié chez les passereaux. En effet, ce groupe d'oiseaux utilise le chant ou les vocalises comme principal moyen de défense. Pour les raisons précédentes, le territoire est donc considéré comme étant un indice standardisé du nombre de couples nicheurs (Yahner, 2012).

La cartographies des contacts visuels et auditifs sur plusieurs passages au cours de la saison de reproduction permet d'obtenir des agrégats de données distincts les uns des autres, les territoires. La méthode est une des plus coûteuses en temps mais aussi la plus précise dès lors qu'il s'agit d'étudier la distribution des individus sur des petites surfaces. Elle permet de recenser les oiseaux nicheurs, de définir la densité et la répartition de leurs

territoires et préciser leur phénologie. Les relations entre l'avifaune et les caractéristiques de l'habitat peuvent être étudiées (Bibby *et al.*, 2000 ; Schmid *et al.*, 2004).

b Relevés de terrain

L'ensemble des contacts est reporté le long d'un parcours de 13,3 km sur une carte du secteur au 1/5000e (figure 9). L'objectif est de couvrir l'ensemble de la zone en se basant sur une bande de détection de 100 m de part et d'autre du parcours. Cette bande est avant tout une aide à son tracé (Schmid *et al.*, 2004). Compte tenu des particularités du site, deux parcours complémentaires sont réalisés. Ne pouvant pas être réalisés dans la même matinée, le temps de décalage est minimisé au maximum de telle sorte qu'ils puissent être considérés comme un seul passage. Le principal, « terrestre », s'aide des digues ceinturant l'étang du Grand Bagnas. L'ensemble de ce parcours permet une vision légèrement au-dessus de la canopée de la roselière, atout significatif dans la détection des oiseaux. Sa longueur est de 9 km. Pour compléter le suivi, le second parcours, appelé « barque », prend la forme d'une boucle de 4,3 km dans l'étang afin de longer l'ensemble des lisières de la roselière. L'embarcation disponible est équipée d'un moteur électrique silencieux et piloté par une deuxième personne en plus de l'observateur. Pour permettre une vue et une écoute au dessus des roseaux, elle est équipée d'une échelle solidement fixée. De la sorte, l'observateur peut parcourir le tracé dans les meilleures conditions (figure 10).

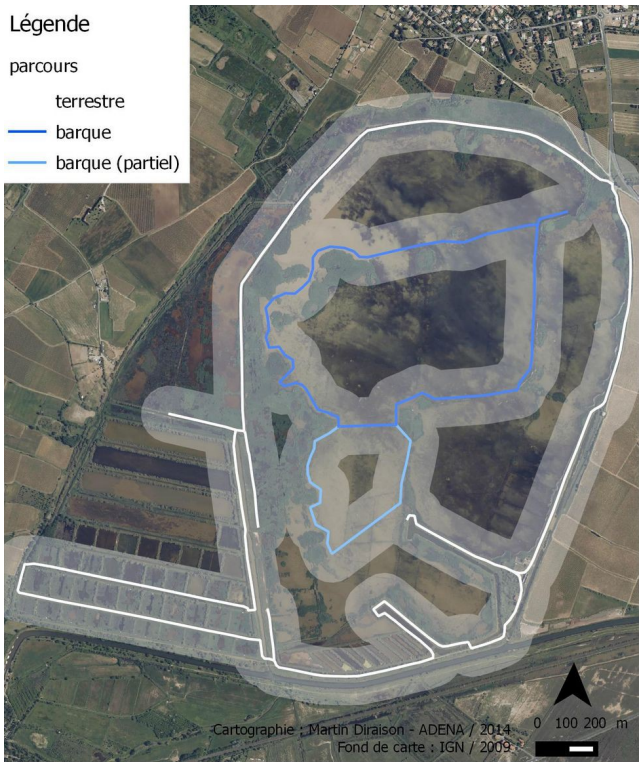


Figure 9: Parcours empruntés lors des passages de cartographie des territoires. La zone tampon théorique de 100 m est indiquée par transparence.

Figure 10: Conditions d'observation lors des parcours de cartographie des territoires. Installation d'une échelle sur une barque à moteur électrique. La détection des oiseaux est considérablement augmentée. © Benoît Vibarel

La symbologie déjà existante standardise la prise de note et permet d'homogénéiser l'identification des territoires dans le temps et entre les sites (annexe VI). Les annotations habituelles concernant la localisation, la date, l'heure, les conditions météorologiques ou autres remarques sont relevées. Cette méthode étant relativement facile à mettre en œuvre, le premier passage fût réalisé le plus tôt possible fin mars. Au total, quatorze passages « terrestres » s'étalent sur l'ensemble de la période de reproduction des passereaux. Seulement huit passages « barques » viennent compléter les passages terrestres. En effet, il a été décidé de limiter la fréquentation de l'étang au minimum afin de garantir de bonnes conditions de nidification pour certaines espèces. Certains couples de hérons cendrés et la colonie de sternes pierregarins ne pouvaient pas être contournés. Il faut donc distinguer trois secteurs de parcours avec des efforts différents. Quatorze passages sur le parcours « terrestre », huit pour le parcours « barque partiel » et 4 pour le parcours « barque complet ». Le temps

entre deux passages est au minimum de 7 jours. Chacun est classiquement réalisé dans les premières heures de la matinée, à partir du lever du soleil et jusqu'à quatre heures après au maximum (Trnka, 2006). Pour éviter de passer aux mêmes heures à chaque passage, le sens du parcours est inversé régulièrement. Les conditions météorologiques doivent être clémentes, à savoir l'absence de pluie, brume et de vent (<3 Beaufort). Sur ce dernier point il n'a pas toujours été possible de réaliser les suivis en des conditions optimales (tableau 6).

Tableau 5: Conditions enregistrées lors des 14 passages de cartographie des territoires.

		passage			heure		vent			
date	**n°**	**terrestre**	**barque complet**	**barque partiel**	**début**	**fin**	**force**	**direction**	**nébul (%)**	**pluvio (mm)**
29/03/14	1	x			06:25	09:20	faible	SSE	0	nulle
12/04/14	2	x			06:30	09:30	nulle	nulle	0	nulle
16/04/14			x		07:30	09:00	nulle	nulle	0	nulle
23/04/14	3	x			07:15	08:45	faible	NO	0	nulle
24/04/14			x		07:00	10:00	modéré	NO	40	nulle
02/05/14	4	x			06:15	08:45	modéré	NO	80	nulle
29/04/14			x		08:00	11:00	fort	NO	20	nulle
07/05/14	5	x			18:15	21:15	faible	NO	0	nulle
15/05/14	6	x			06:00	08:30	faible à modéré	NO	0	nulle
16/05/14			x		08:00	11:00	nulle	nulle	0	nulle
23/05/14	7	x			06:00	09:00	nulle	nulle	0	nulle
30/05/14	8	x			06:00	08:45	faible à modéré	NO	0	nulle
28/05/14				x	07:00	09:30	faible	ONO	0	nulle
04/06/14	9	x			05:50	09:10	nulle	nulle	90	nulle
13/06/14	10	x			05:50	09:15	faible	NO	0	nulle
12/06/14				x	06:30	09:00	nulle	nulle	0	nulle
18/06/14	11	x			05:45	08:45	nulle	nulle	80	nulle
24/06/14	12	x			05:45	08:45	faible	NO	100	nulle
27/06/14				x	06:45	08:30	faible	NO	0	nulle
03/07/14	13	x			06:15	09:00	nulle	nulle	0	nulle
16/07/14	14			x	06:45	08:45	nulle	nulle	0	nulle
18/07/14		x			06:10	08:25	modéré	SE	100	nulle

c Interprétation et délimitation des territoires

L'ensemble des contacts est numérisé dans un SIG. Chaque passage est identifié par une couleur unique facilitant le travail d'interprétation et de délimitation des territoires. Le principe est de tracer des ellipses autours des agrégats de contacts. Elles ne doivent pas se chevaucher. Le nombre de contacts minimum requis au sein des ellipses varie en fonction de la pression d'observation (nombre de passages). Les règles sont plus souples sur les secteurs les moins prospectés. Un «territoire théorique» peut être délimité si au moins l'une des conditions suivantes est remplie (chiffres pour 14/8/4 passages «valables»):

- Preuve de nidification, c'est-à-dire nid avec adulte couvant, ou avec jeunes, œufs ou coquilles d'œufs fraîchement éclos; adulte transportant de la nourriture ou une poche fécale; adulte faisant diversion en simulant une blessure; jeunes récemment sortis du nid.
- Individu présentant un comportement territorial (mâle chanteur ou en parade, cris d'alarme intensifs à proximité du nid) ou agression intraspécifique entre deux individus du même sexe, lors de 3/2/1 passages, cela devant être complété par 1/1/0 autre observation au même endroit (= «groupé»).
- 4/3/2 contacts «groupés» sans comportement territorial. Ce critère concerne les espèces ayant un chant peu différencié ou peu évident, de même que les espèces nichant en colonies lâches. Ce critère est également

utilisé dans le cas de la Lusciniole à moustaches. Cette espèce à une nidification précoce dont le pic d'activité de chant est connu en mars, soit avant le début du suivi.

Les critères utilisés s'inspirent des recommandations de l'IBCC[32], des protocoles MONiR[33] suisse et CBC[34] anglais (IBCC, 1969 ; Marchant, 1983 ; Bibby et al., 2000 ; Schmid, 2004) et sont adaptées au nombre de passages sur le site. Malgré ces règles précises, certains territoires ne peuvent être objectivement identifiables. Plusieurs cas étant possibles, cela influence le nombre de territoire final. Il a donc été décidé de proposer un minimum de territoires et de l'associer au nombre maximal afin d'obtenir une fourchette du nombre de nicheurs (Diraison, 2013). Par convention la densité du peuplement est exprimée en nombre de territoires pour 10 ha.

4 Butor étoilé : détection et dénombrement des mâles chanteurs

Le Butor étoilé est un Ardeidae typique et symbolique des roselières. Ses populations sont en déclin sur l'ensemble de sa répartition. En France, la population reproductrice est estimée entre 300 et 350 couples en 2006. Les principaux bastions de l'espèce sont en Haute-Normandie et Picardie, sur littoral méditerranéen, en Lorraine et Loire-Atlantique. Ces exigences sont bien connues. Il privilégie les roselières inondées, homogènes au sein d'une diversité d'autres habitats annexes (mares, prairies, ...). Le mâle défend son territoire par son cri mugissant très caractéristique. La ou les femelles, les mâles pouvant être polygames, construisent le nid et élèvent les jeunes seules. La ponte, en moyenne de 4 œufs, est déposée entre début avril et mi-mai. Dès 15 jours les jeunes s'éloignent du nid et sont émancipés vers 55 jours. Pour son alimentation, le butor est opportuniste. Son régime comprend poissons, insectes, crustacés, serpents, petits mammifères, oiseaux, amphibiens, mollusques. Les juvéniles se nourrissent principalement de têtards mais pourraient se satisfaire d'autres sources de nourriture. En Camargue, la proie principale est l'écrevisse de Louisiane, espèce exotique envahissante (Géroudet, 1948, Puglisi et Bretagnolle, 2005 ; LPO, 2007 ; Provost, 2007 ; Dubois *et al.*, 2008).

[D.O. : I ; UICN : Vulnérable]

L'objectif du dénombrement des mâles chanteurs est d'obtenir des preuves de reproduction, ou de tentative. Cette méthode est la plus communément utilisée dans toute l'Europe. Une fois la reproduction, ou tentative, prouvée, la reconduction annuelle du suivi permet d'apprécier l'évolution de la fréquentation du site par l'espèce en période de nidification. Dans le cadre de la réserve, le gestionnaire souhaite connaître si certains secteurs sont de nature à accueillir cette espèce. De nombreux travaux ont porté sur la détection de cette espèce en Europe. En théorie, la probabilité pour qu'un mâle ne chante pas sur un site est très faible. La période de chant est maximale en avril et mai. La proportion de chanteurs est supérieure entre 0 et 30 minutes avant le coucher du soleil et entre 30 et 60 minutes avant le lever du soleil. L'activité diminue significativement lors des conditions météorologiques nuageuses et/ou pluvieuses (Poulin et Lefebvre, 2003). L'organisation des écoutes se calque sur les recommandations bibliographiques disponibles pour la région méditerranéenne et sont adaptées au contexte de la RNN par le gestionnaire. Sur l'ensemble du Grand Bagnas, neuf

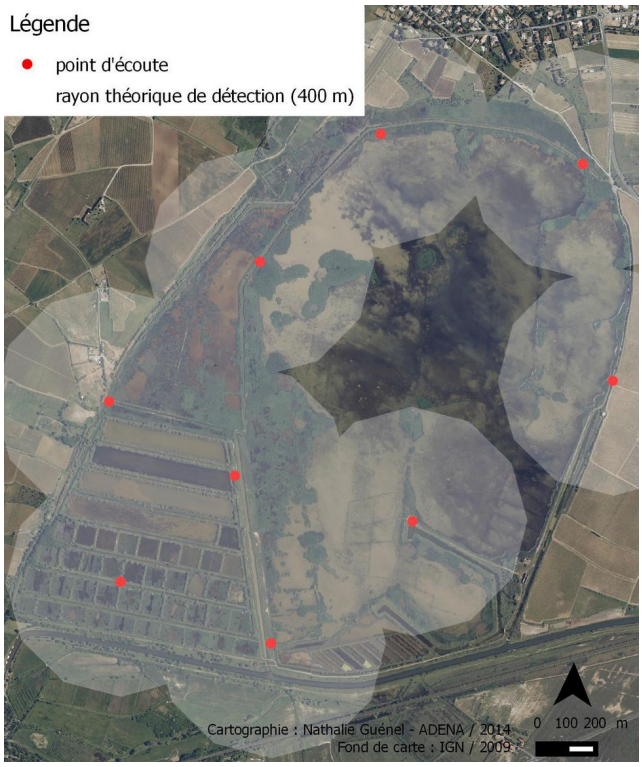


Figure 11: Localisation des points d'écoute espacés de minimum 400 m les uns des autres.

32 International Bird Census Commitee
33 Monitoring des Oiseaux Nicheurs Répandus
34 Common Bird Census

points d'écoute ont été disposés de manière à couvrir l'ensemble des roselières en se basant sur un rayon de détection de 400 m (figure 11). Du 10 avril au 16 mai les écoutes ont été réalisées une fois par semaine. Le suivi est étendu à différentes périodes de la journée en alternant matin et soir. Les écoutes matinales ont lieu dans les deux heures avant le lever du soleil tandis que celles du soir sont effectuées entre 30 minutes avant et 1 heure après le coucher du soleil. Afin de réaliser l'ensemble des points d'écoutes dans les laps de temps optimaux trois observateurs sont nécessaires chaque semaine. Chacun effectue un tiers des points seul et à pied. Les conditions météorologiques nécessaires sont classiquement un temps calme, absence de pluie, brume et de vent (<3 Beaufort).

La méthode est appliquée sur le site depuis les années 1990. Elle a été ajustée en 2014. Ce nouveau protocole a été validé par M. Patrice Cramm, membre du conseil scientifique de la réserve (CSRPN[35]). La méthode est appliquée sur le site depuis les années 1990. N'ayant pas été mise en place via cette étude, elle n'est pas détaillée d'avantage mais reste disponible auprès du gestionnaire.

5 Héron pourpré : comparaison de trois méthodes

Le Héron pourpré est une espèce à forte valeur patrimoniale. En Méditerranée, l'intérêt écologique des roselières est en grande partie associé à leur présence. C'est une espèce migratrice nichant en colonie. Les effectifs reproducteurs sont fluctuants d'une année sur l'autre en fonction des conditions climatiques en France et/ou sur les quartiers d'hivernage en Afrique. En 1982 en Camargue, 1367 nids étaient recensés contre 341 en 1994. Les régions accueillant ce nicheur peu commun sont le Languedoc-Roussillon, la Camargue, La Brenne, L'Indre, la Charente-Maritime, la Loire-Atlantique avec la Brière et le lac de Grand-Lieu. La population française semble s'être stabilisée autour de 2000 couples depuis 2006. Le paramètre déterminant son installation est la présence d'au moins 20 cm d'eau en roselière lors de son retour en Europe. L'alimentation est principalement constituée d'invertébrés aquatiques, de poissons, petits mammifères et oiseaux. L'élevage d'une nichée nécessite entre 70 et 80 kg de nourriture (Géroudet, 1948 ; Barbraud et Hafner, 2001 ; Dubois *et al*., 2008).

[D.O. : I ; UICN : Préoccupation mineure]

◄ *Héron pourpré, relais au nid*

Il est indispensable de mettre en place une méthode de suivi efficace afin d'appréhender correctement les fluctuations des populations. Plusieurs méthodes ont été testées grâce à la participation de la Tour du Valat. Les données disponibles jusqu'en 2013 sont issues de survols par ULM et des retours de la Tour du Valat.

a Recherche des nids

La recherche de nid est une méthode très contestée. Elle est coûteuse en temps et s'avère extrêmement dérangeante pour l'avifaune en général et particulièrement dans le cas de cette espèce qui peut aller jusqu'à abandonner son site de reproduction. Aucun suivi n'a donc été entrepris dans le cadre uniquement de cette méthode. En revanche, une attention particulière fût portée aux comportements territoriaux lors des autres suivis, notamment la cartographie des territoires de passereaux et surtout l'échantillonnage en roselière. Dans ce dernier cas, la roselière a été prospectée le long de transects espacés de 50 m. En aucun cas un maillage plus resserré ne pourrait être entrepris compte tenu du dérangement occasionné déjà important. La période de prospection en roselière dans le secteur de la colonie s'est étalée sur 8 jours entre le 25 juin et le 21 juillet. Compte tenu de la période et du nombre de visites étalées dans le temps, le dérangement a été limité au maximum. Les comportements territoriaux ou preuves de nidification sont cartographiés du mieux possible (les données étant souvent fortuites) ou relevés par pointage GPS lorsque cela est possible.

35 Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel

b Triangulation des relais

Chez le héron pourpré, les deux adultes formant un couple reproducteur s'occupent du nid et des jeunes. Afin d'assurer une surveillance constante, les adultes se relaient. Le comportement d'arrivée sur le nid est un cérémonial fixe tout à fait typique. Lors de l'atterrissage, l'oiseau s'oriente à la verticale, les ailes grandes ouvertes, battantes et les plumes de la tête hérissées. A bonne distance, des cris rauques bien distincts sont audibles (Géroudet, 1948). De plus, la plateforme de roseaux servant de nid est construite à une hauteur comprise entre 100 et 140 cm au dessus de l'eau (obs. pers., n = 5). Les adultes sont alors généralement encore visibles au dessus des tiges.

Plusieurs séances d'observations ont été tenues sur des postes stratégiques (annexe VII). Elles ont été réalisées de manière aléatoire au cours de la saison de reproduction, hors des suivis planifiés au début de l'étude et ceux encadrés par le gestionnaire de la réserve. L'essentiel est d'obtenir une vue dégagée dominant la roselière. Lors d'un relais entre adultes, la ligne d'observation est tracée sur une carte du site et la distance grossièrement évaluée. Cette méthode n'est possible qu'en présence de nombreux éléments distinctifs dans le paysage. L'ensemble des lignes d'observations sont numérisées et les croisements (triangulation) analysés. Une attention fût également portée aux zones de déplacements des individus relayés ou relayeurs (c'est à dire reproducteurs). Pour chaque individu a été noté, lorsque cela était visible, le secteur occupé avant et après un relais sur la base du découpage en secteurs de la réserve.

c Survol de la colonie (TdV)

La Tour du Valat a entrepris des suivis à long terme sur les populations de hérons arboricoles et paludicoles. C'est en 1968 que le centre de recherche réalise les premiers survols aériens des colonies de hérons pourprés en Camargue. Depuis 1997, les principales roselières du littoral entre la Camargue et le département de l'Aude sont survolées. Les plus grandes colonies sont photographiées et dénombrées *a posteriori*. Face au grand nombre de colonies, le suivi est réalisé tous les deux ans depuis 2002. L'objectif est de détecter les grandes tendances démographiques de cette espèce sur le pourtour méditerranéen.

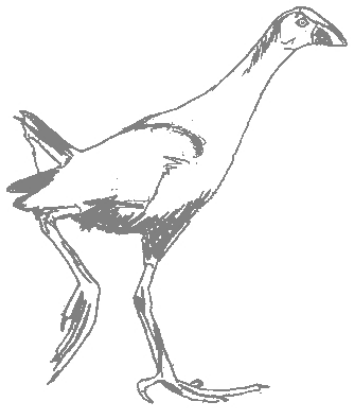
La Tour du Valat communique ses résultats aux gestionnaires de sites protégés. Le survol de la réserve naturelle du Bagnas a été effectué le 28 mai 2014 (Yves Kayser, com. pers.). L'altitude de passage est de 1000 pieds (soit environ 300 mètres) et n'est pas de nature à occasionner un dérangement de la colonie.

6 Blongios nain et Talève sultane : Détection des mâles chanteurs et répartition

Le Blongios nain est le plus petit héron d'Europe. Il fréquente les roselières de plans d'eau et autres marais. En France il est assez localisé et les derniers recensements font état d'un important déclin généralisé des populations. Entre 500 et 830 couples nicheraient en France (Dubois et al., 2008). L'espèce niche tardivement, les mâles arrivent sur les sites de reproduction en fin avril pour les premiers, courant mai pour la majorité. Le chant du mâle est typique, bien que très discret. Le nid peut être construit dans diverses formations végétales, ronciers, tamarissaies, phragmitaies. La présence de mares à proximité est importante. La ponte a lieu vers mi-mai jusque mi-juillet. Des secondes couvées et des pontes de remplacement sont connues. La femelle pond 4 à 7 œufs qu'elle incube pendant 16 à 24 jours aidée par le mâle. Les jeunes sont volants au bout d'un mois. Le blongios se nourrit de poissons, amphibiens, invertébrés aquatiques. Son régime peut varier en fonction des ressources (Géroudet, 1948 ; Rufray (coord.), *2007 :* Pardo-Cervera *et al.,* 2010).

[D.O : I ; UICN : Quasi-menacé]

◄ *Blongios nain, mâle*



La Talève sultane est un nicheur très récent dans l'avifaune française. La première preuve est apportée en 1996 dans l'Aude. Issus des populations espagnoles, les effectifs nicheurs en France n'ont cessé d'augmenter atteignant entre 107 et 123 couples en 2010. Les effectifs se sont alors effondrés en 2012 après un hiver rigoureux. Seul le littoral méditerranéen est concerné par cette espèce. Elle est inféodée aux marais méditerranéens doux à saumâtres avec des ceintures de végétation diverses. Très discrète, son chant tout à fait particulier l'est beaucoup moins. Elle s'observe surtout en ceinture de roselière par exemple. La reproduction commence généralement en mars. Le nid accueille 3 à 5 œufs incubés pendant 23 à 25 jours par les deux parents. Deux pontes peuvent être effectuées parfois tardivement. Les jeunes se nourrissent seuls après deux semaines, ils s'émancipent vers 6 à 8 semaines (Aleman, 1996 ; Clément, 2013).

[D.O. : I ; UICN : En danger]

◄ *Talève sultane*

a Points d'écoute et repasse

Bien que l'habitat de reproduction soit similaire, ces deux espèces appartiennent à des groupes taxinomiques différents. Néanmoins, les méthodes mises en place à l'initiative du gestionnaire pour répondre aux objectifs fixés sont identiques. Ce choix répond également à des similitudes comportementales, en particulier des mâles chanteurs.

Par soucis de clarté, l'ensemble de la méthode est présentée une seule fois pour les deux espèces.

Les objectifs de cette méthode sont de :

- vérifier la reproduction des espèces sur le site
- tester les protocoles de suivi
- apprécier le nombre de mâles reproducteurs
- connaître les secteurs utilisés pour la reproduction

Des preuves de nidification ont été enregistrées sur le site les années antérieures pour ces deux espèces par simple écoute des mâles chanteurs. Les résultats n'avaient pas été concluants. Le protocole de 2014 s'inspire de la bibliographie et d'échanges avec de experts ornithologues. En l'absence de méthode consensuelle, celle-ci représente un test pour ces deux espèces. De la même façon que pour le Butor, la standardisation des écoutes permet d'envisager un suivi à long terme. Sur l'ensemble du Grand Bagnas, neuf points d'écoute ont été disposés de manière à couvrir l'ensemble des roselières. Il s'agit des mêmes points utilisés pour le protocole Butor étoilé (figure 8). En effet, les moyens disponibles ne permettaient pas d'augmenter l'effort. Toutefois, aucune étude ne précise clairement la distance de détection des chants. Cela suppose que les chants du Blongios nain et de la Talève sultane

sont audibles jusqu'à 400 m. Les écoutes se sont étalées du 12 mai au 1er juillet à raison d'une fois par semaine en alternant matin et soir. Les écoutes matinales sont réalisées dans les 2 heures après le lever du soleil et 1h30 avant le coucher pour celles en soirée.

Chacun des neuf points consiste en une écoute et observation de 30 minutes entrecoupée de temps de repasse. La repasse consiste en la diffusion d'une bande son avec le chant ou cris d'un oiseau. Chez une espèce territoriale, si l'individu est présent, cela augmente théoriquement la probabilité qu'il se manifeste en réponse. La repasse n'est pas une méthode répandue dans le suivi du Blongios nain ou de la Talève sultane, sans raison particulière. Elle est privilégiée ici afin d'augmenter les probabilités de détection des chanteurs.

La bande son s'organise de la manière suivante :

10' écoute (=E) - 2' repasse talève (=RT) - 3' E - 2' RT - 3'E - 2' repasse blongios (=RB) - 3' E - 2' RB - 3' E

Cette technique est dite invasive et parfois contre indiquée pour certaines espèces (e.g., le Butor étoilé). Pour limiter le dérangement, la diffusion de la piste est stoppée et remplacée par de l'écoute dès les premiers chants. Afin de réaliser l'ensemble des points d'écoutes dans un laps de temps optimal, trois observateurs sont nécessaires chaque semaine. Chacun effectue un tiers des points seul et à pied. Les conditions météorologiques nécessaires sont classiquement un temps calme, une absence de pluie, de brume et de vent (<3 Beaufort).

L'ensemble a été validé par M. Patrice Cramm, membre du CSRPN. La méthode est volontairement résumée mais reste disponible intégralement auprès du gestionnaire.

b Cartographie des contacts

Comme précédemment, cette méthode concerne communément le Blongios nain et la Talève sultane. L'objectif est d'augmenter le nombre d'observations permettant de répondre à l'objectif de connaître les secteurs utilisés pour la reproduction. Cela permet également d'obtenir un recul critique sur la méthode des points d'écoute et repasse lorsqu'elle est utilisée seule. L'ensemble des observations réalisées lors des visites en réserve qu'elles soient ponctuelles ou dans le cadre de suivis ont été prises en compte, cartographiées en fonction de la précision disponible et synthétisées dans le cadre de cette étude. Les données proviennent des autres suivis et animations organisés par le gestionnaire ou dans le cadre de cette étude.

7 Busard des roseaux : détection des couples et répartition

Le busard des roseaux est le seul rapace nichant en roselière en France. Les nicheurs sont présents de la Gironde au Lyonnais et sur le littoral méditerranéen. Les populations du sud on tendance à être sédentaires. Le nombre de couples est estimé entre 1600 et 2200 dans les années 2000. Cette espèce est inféodée aux milieux humides et privilégie les grandes phragmitaies. Le nid, volumineux, est construit à proximité du sol dans la végétation. Les pontes peuvent être étalés de mars à juin, généralement en avril. Les poussins s'envolent à 45 jours, le succès se situe autour de 1,2 à 1,4 jeunes à l'envol. Lors du nourrissage des poussins les femelles quittent rarement l'aire. Les seules sorties sont effectuées pour récupérer les proies chassées par les mâles. Après ses échanges spectaculaires, les femelles rapportent les proies aux poussins. Il est alors aisé de localiser la position. Toutefois, les femelles peuvent parfois se nourrir au sol après un échange avec les mâles. Elles peuvent également nourrir les jeunes à distance du nid lorsque ceux-ci sont proches de l'envol (Dubois et al., 2008 ; Géroudet, 2013).

[D.O. : I ; UICN : Vulnérable]

◄ *Busard des roseaux, échange de proie.*

Son statut reproducteur sur la réserve reste méconnu malgré un enjeu de conservation important. L'objectif est de récolter des preuves de nidification et de préciser les secteurs utilisés en période de reproduction. Facilement détectables, les couples sont très démonstratifs au moment des parades. Les phases comportementales successives de reproduction (parades, accouplements, transports de matériaux) sont notées lors des suivis de cartographie des territoires de passereaux et des autres suivis sur ce secteur menés par le gestionnaire. De plus, ces observations peuvent permettre la localisation relativement précise de l'aire. En supplément, des séances d'observations ont été réalisées sur le même modèle méthodologique que la triangulation des relais de hérons pourprés.

8 Habitats du peuplement reproducteur

Une partie des exigences écologiques des espèces reproductrices en roselières sont connues (Graveland, 1998 ; Sanchez-Lafuente, 1998 ; Baldi et Kisbenedek, 1999 ; Martinez-Vilalta et al., 2002 ; Kleindorfer *et al.*, 2003 ; Baldi, 2004 ; Baldi, 2006 ; Paracuellos, 2006 ; Vera *et al.*, 2009 ; Beemster *et al*., 2010 ; Vera *et al.*, 2011). Grâce aux méthodes mises en place dans le suivi du peuplement d'oiseaux et de son habitat il est possible d'obtenir des données originales au cœur de la RNN du Bagnas. La répartition des nicheurs est obtenue suite aux méthodes de cartographie. En parallèle, différentes variables ont été cartographiées et synthétisées via la typologie des massifs de roselière. A ce titre, en Méditerranée, les travaux menés par la Tour du Valat sur l'avifaune des roselières sont remarquables et inspirants (Poulin, 2002 ; Poulin *et al*., 2002).

a Caractéristiques des sites de nidification

Le maillage de l'échantillonnage des variables en roselières définie la précision des analyses. A chaque point d'échantillonnage en roselière est associée la présence ou l'absence des espèces ciblées. Il s'agit d'un atlas des nicheurs à petite échelle dont l'habitat de chaque maille est précisément décrit. Pour chaque espèce, l'objectif est d'identifier les variables environnementales influençant leur répartition ainsi que d'obtenir des valeurs seuils de ces variables constituant des indices précieux pour la gestion de la roselière. Pour répondre à cette demande, des arbres de décisions sont réalisés pour chaque espèce. Cette méthode permet de produire des groupes d'individus les plus homogènes possibles du point de vue de la variable à prédire (absence / présence). Le nombre de variables peut être infini, qu'elles soient quantitatives ou qualitatives. Ici, ce sont celles mesurées lors de la cartographie des massifs de roselière. Ces arbres sont conduits avec l'algorithme Improved CHAID (Tschuprow Goodness of Split). Le critère de Tschuprow est substitué au Khi², des paramètres supplémentaires sont introduits pour mieux contrôler la taille de l'arbre (profondeur, effectif minimal de segmentation (*minsplit*), effectif minimal d'admissibilité (*minbucket*). Cette méthode a l'avantage de permettre une grande exploration des données et une construction « manuelle » des arbres. Le choix des variables de segmentation peut être modifié afin de faire apparaître d'autres relations en plus des plus significatives. Ce type d'analyse est très efficace dans un cadre de gestion (Poulin, 2012 ; SIPINA[36], Rakotomalala, 2005). Les variables et valeurs utilisées sont identiques à celles de l'échantillonnage en roselière (tableaux 3 et 4). Des ajustements sont toutefois nécessaires. Les variables de portance, turbidité, hauteur d'eau et salinité sont exclues. Pour la première, les mesures montrent que ce n'est pas une variable discriminante puisque aucun échantillon ne présente d'enfoncement. Pour les trois autres, le nombre de mesures n'est pas suffisant puisque de nombreux points étaient asséchés.

36 http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/sipina.html

b L'avifaune comme indicateur

Afin de mieux synthétiser les relations entre les roselières et l'avifaune, un indicateur spécifique (IndVal) est calculé (De Caceres et Legendre, 2009) :

$$IndVal_{ij} = A_{ij} * B_{ij} * 100$$

L'indicateur de diversité permet d'obtenir des cortèges caractéristiques par massif de roselière. Cette analyse donne des indices de spécificité (A) et de fidélité (B) :

A : proportion d'individu de l'espèce i en classe j) - "*en fonction de l'avifaune, le site est-il celui ciblé ?"*

B : proportion de site en classe j avec la présence de l'espèce i) : "*l'avifaune est-elle un indicateur fiable?"*.

Cette analyse permet d'explorer les possibilités d'utiliser l'avifaune comme indicateur de l'hétérogénéité des roselières. Elle est particulièrement pertinente puisque menée en parallèle à la réflexion inverse précédemment décrite qui explore l'influence de cette même hétérogénéité sur le peuplement nicheur. L'utilisation d'indicateurs peut être très efficace dans la détermination de l'occurrence et l'abondance d'espèces, alternative crédible à l'échantillonnage de communautés entières, d'autant plus en milieux d'accès difficile et/ou restreint. De bons indicateurs reflètent les conditions biotiques et abiotiques d'un environnement, permettent de déduire des preuves de changements environnementaux et enfin de prédire la diversité d'une population biologique (De Caceres et Legendre, 2009 ; R Core Team, 2013).

PARTIE 3 SYNTHÈSE

L'étude a nécessité la mise en œuvre de plusieurs méthodes de travail. La première série de méthodes se focalise sur la description de la roselière et la compréhension de son fonctionnement. Un historique du site est retracé à partir de diverses archives (cartographies, photo aériennes, témoignages). Un suivi hydrologique est réalisé en roselière. Il vient compléter le suivi hydrologique de la réserve. L'objectif est de décrire et modéliser l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau en roselière, paramètre mal connu sur le site. Enfin, une cartographie des massifs de roseaux est mise en place. Un échantillonnage régulier est réalisé sur l'ensemble de la roselière. Chaque échantillon mesure une série de variables permettant de décrire les massifs et d'expliquer leur état présent. Le choix des variables est validé par des recherches bibliographiques et la consultation d'un groupe de spécialistes de ces problématiques. Des méthodes statistiques permettent d'identifier l'hétérogénéité des massifs. La spatialisation de ces derniers est obtenue par l'emploi d'outils relevant de la géostatistique. Il n'existe pas de retour connu sur la méthode employée. Sa réalisation constitue la principale originalité de l'étude.

La mise à jour des connaissances sur le peuplement d'oiseaux nicheurs s'est basée sur des méthodes reconnues. Le recul de la communauté scientifique sur les méthodes de recensement est riche. Quelques originalités viennent toutefois caractériser l'étude. Pour chaque espèce les méthodes visent à dénombrer les couples nicheurs, ou des indices de nidification ainsi que préciser leur répartition. Les méthodes sont donc axées de manière à obtenir une couverture spatiale et temporelle de la reproduction la plus exhaustive possible tout en cartographiant les contacts. Compte tenu des possibilités de détection sur le site d'étude, la cartographie des territoires s'est imposée comme la plus efficace concernant le cortège de passereaux (Lusciniole à moustaches, Rousserolle turdoïde, Rousserolle effarvatte, Panure à moustaches, Bruant des roseaux). Les passages, au nombre de 14, se sont déroulés de fin-mars à mi-juillet. Des points d'écoute couvrant l'ensemble du site ont été réalisés afin de détecter et cartographier les mâles chanteurs de Butor étoilé, Blongios nain et Talève sultane. Si la méthode est largement utilisée et préconisée pour la première espèce, elle l'est beaucoup moins pour les deux autres. Ces dernières sont des espèces très discrètes et des nicheurs rares en France, compliquant l'avancée des connaissances. Afin de maximiser les probabilités de détection, l'usage de la technique de la repasse est standardisé. La population de hérons pourprés est dénombrée exhaustivement par survol du site par la Tour du Valat. Les résultats sont comparés et complétés par deux autres méthodes internes, 1) la recherche de nid et 2) la triangulation des relais au nid entre partenaires d'un couple. La construction des méthodes ornithologiques autorise le croisement des données avec celles réalisées dans le cadre du suivi de la roselière en tant qu'habitat. Pour cela des outils statistiques sont employés afin de déterminer une partie des exigences écologiques du peuplement reproducteur.

PARTIE 4 RÉSULTATS

A Axe 1 : Identifier des massifs de roselière

1 Historique de la roselière

a Évolution de la surface en phragmitaies

L'histoire moderne de la roselière du Grand Bagnas prend sa source dans les années 1960. A cette époque, l'exploitation du sel par les salins du Midi, datant de la fin du XVIIIe s., décline. Le roseau est alors très localisé car contraint par les forts taux de salinité des eaux de l'étang. En périphérie, les secteurs GB6 et GB7 sont des prés humides, des talus délimitent des zones de pâturage (EID). Le roseau y est en mélange avec du *Typha sp*., *Scirpus sp.*, *Juncus sp*. Le pâturage y a toujours été équin. Il ne fait aucun doute que ceux-ci étaient de race camarguaise, petit cheval local, rustique des marais (Bernard Molina, com. pers.). Le secteur GB8 présente aussi ce type de végétation mais semble en partie influencé par une salinité plus prononcée comme le suggère la présence de *Salsola sp*. La répartition générale des formations végétales à caractère humide reste assez similaire à la situation actuelle. Les principales différences résident dans la composition floristique beaucoup plus diversifiée à cette époque. L'influence saline provient assez nettement de l'étang de Thau via le canal de Pioch Couguioul. L'eau salée était pompée de l'étang de Thau et s'écoulait dans l'étang du Bagnas et dans la « demi-lune » (Aqua conseils, 2013), des zones à *Juncus maritimus* (halophile) et *Phragmites australis* (tolérante), y sont cartographiées. Le gradient de salinité semble décliner à mesure que l'eau s'écoule à travers les bassins périphériques à l'ouest de l'étang. Cette influence n'est plus perceptible au sud-ouest du site au regard de la végétation de l'époque (EID).

A partir des années 1970, d'importants changements s'observent sur le Grand Bagnas. L'exploitation du sel aurait cessé en 1969, année à partir de laquelle l'eau douce aurait pris plus d'importance dans la gestion de l'étang (ADENA, 2013). L'activité des salins se diversifie par des essais de pisciculture, de conchyliculture ainsi que la chasse au gibier d'eau. Les prés de l'époque, sur les secteurs GB6 et GB7, sont alors creusés pour former différents bassins de pisciculture. Aujourd'hui encore, les cabanons qui permettaient de nourrir les poissons sont en place. En 1972, des ornithologues du MNHN entreprennent un inventaire des oiseaux du site. Un bref état des lieux de la végétation est disponible. Les auteurs décrivent le site ainsi : « ***la moitié de l'étang est en eau libre, parsemée de petites îles recouvertes de roseaux, tandis que l'autre moitié est occupée par une phragmitaie inondée, sans cesse en extension, dont la hauteur, la masse et la densité constituent un biotope particulièrement remarquable ».*** Il s'agit de la documentation la plus ancienne rapportant la présence d'une phragmitaie étendue. Toutefois, il faut attendre le milieu des années 1970 pour obtenir des informations précises sur l'étendue et la répartition de la roselière. Cet habitat s'étend alors sur plus d'une trentaine d'hectares (figure 12). L'extension de la roselière semble correspondre au changement de régime hydrique. L'importante salinité n'autorisait que les espèces végétales halophiles, le roseau étant seulement tolérant. L'eau douce en continu a probablement été favorable à son extension.

Dans le début des années 1980, la création de la réserve naturelle nationale du Bagnas s'effectue dans un climat de tension avec les Salins du Midi, encore propriétaires des terrains. Un des arguments de la mise en réserve est l'intérêt ornithologique paludicole du site. Les roselières s'étendent alors sur au moins 40 hectares. Les Salins ont

tenté de détruire cet intérêt écologique en asséchant l'étang ou en le salant de nouveau. Un tel épisode a eu des conséquences importantes sur beaucoup de formations végétales, notamment les ceintures d'hélophytes. L'impact sur les roselières est visible mais non mesuré, les tiges sont plus fines et l'ensemble se dégrade (témoignages). A partir de la création de la réserve, plus aucune activité économique ne se développe sur le Grand Bagnas. La répartition des roselières est très similaire à celle d'aujourd'hui. Au milieu des années 90, elles s'étendent sur environ 56 hectares ce qui est très proche de la situation actuelle (figure 12). Par rapport aux années 70 et 80, le cortège floristique paludicole se simplifie. Il faut toutefois noter la présence de *Scirpus maritimus* en mélange avec *Phragmites australis* sur le secteur GB8. L'eau douce en continu semble favorable à l'extension des roselières même si des traces de salinité sont encore présentes (EID).

Dans les années 2000, la surface en phragmitaie se stabilise. Les conditions hydrologiques sont stables. Le centre de l'étang semble constituer un obstacle à la poursuite de l'extension des roselières. Les secteurs dynamiques se situent en périphérie d'étang, sur les secteurs GB6 et GB8. Des incendies sont à noter en période estivale. L'un des plus importants, en mai 2002, réduira en cendre la roselière de la demi-lune sans que cela semble avoir de conséquences importantes les années suivantes. En 2009, la situation est quasi-identique à celle de 2001 avec une légère hausse de la surface occupée. Enfin, en 2014, la roselière continue sa légère expansion sur des secteurs très localisés, en particulier GB8. La surface atteint aujourd'hui 58 hectares de phragmitaie pure (figures 12 et 13).

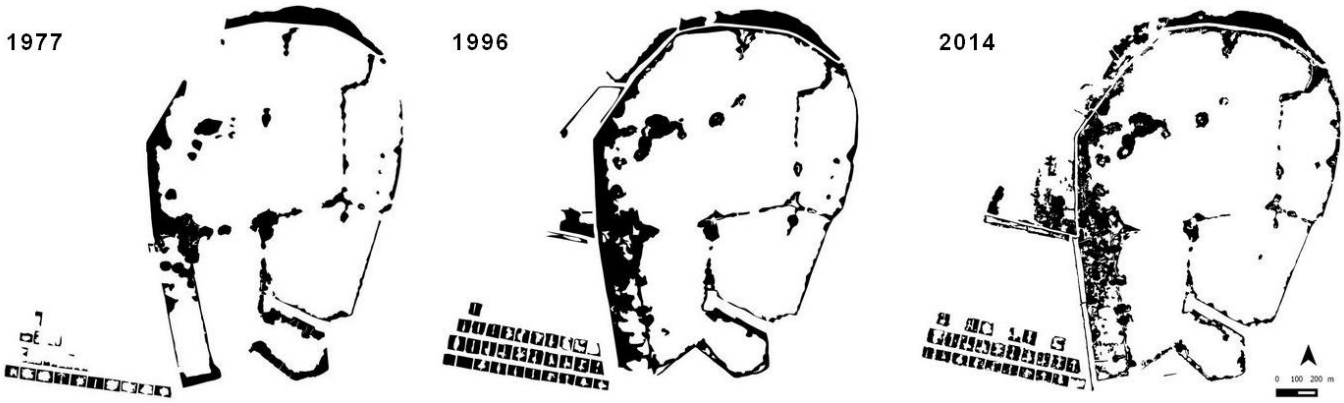


Figure 12: Surface d'emprise du Phragmites australis. *Cartographie de sa répartition en 1977, 1996 et 2014.*

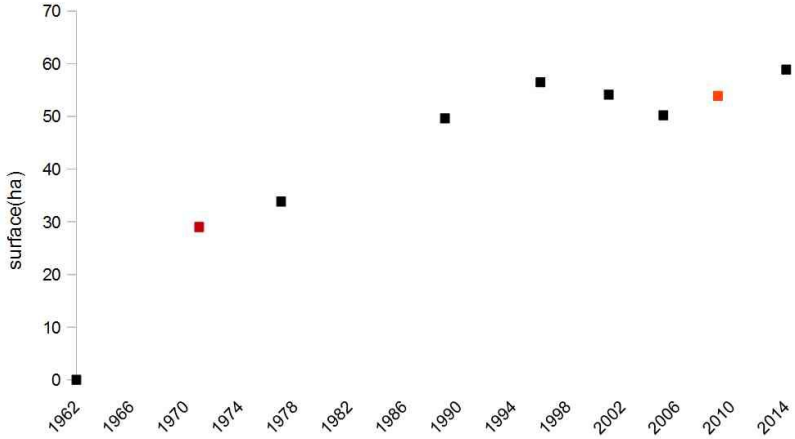


Figure 13: Evolution de la surface en Phragmites australis depuis les années 1960. es points rouges du graphique correspondent à des valeurs estimées et non mesurées.

Cette évolution de la surface en roselière est à considérer comme une schématisation de la réalité. En effet, les sources d'informations sont très diverses, parfois contradictoires et surtout partielles. Même l'utilisation de méthodes modernes comme l'orthophotographie montre ses limites. Les définitions et les dates de prises de vue sont hétérogènes. La cartographie des surfaces ne peut être considérée que comme lacunaire. Certaines fluctuations dans l'évolution de la surface en roseau peuvent être dues à un biais méthodologique.

Cette limite est d'autant plus mise en lumière à la comparaison de photographies aériennes très précises, mais non verticales, obtenues par survol du site à basse altitude. Il apparaît que certains secteurs montrent des dynamiques qui échappent complètement à la cartographie au 2500e. Les cartographies montrent une tendance à l'augmentation de la surface en roseau commun mais il est tout à fait possible que cette surface soit en réalité en diminution avec l'apparition d'une multitude de trouées au sein de la roselière (figure 14).

Figure 14: Comparaison de photographies aériennes entre 2000 et 2013. Les chiffres indiquent les mêmes secteurs avec des changements de recouvrement visibles à basse altitude seulement.

b Des changements de structure

La mise en place du Rezo du Rozo à partir de 1998 permet aujourd'hui d'étudier finement l'évolution de deux secteurs de roselière. Le secteur de la demi-lune permet de se rendre compte de l'effet de l'incendie du printemps 2002. Logiquement, les tiges sèches sont absentes cette année là. En revanche, un pic de densités en tiges vertes est nettement enregistré à hauteur de 360,5 tiges/m². La pleine période de croissance du roseau se situant surtout en été, ce secteur a pu retrouver des caractéristiques classiques dès l'année suivante. Depuis 2009, ce secteur est caractérisé par de très fortes densités en tiges sèches, en moyenne 586 tiges/m², et une diminution de la densité en tiges vertes (figure 15). La hauteur et le diamètre des tiges pourraient montrer une légère tendance à diminuer. Au cours des 5 premières années de suivi, les tiges vertes mesuraient en moyenne 1,7 m (IC ± 0,02) pour un diamètre de 4,3 mm (IC ± 0,14). Les cinq dernières années, de 2009 à 2013 enregistrent une hauteur moyenne de 1,5 m (IC ± 0,12) et un diamètre de 4,0 mm (IC ± 0,30). Les mesures de hauteur d'eau montrent clairement qu'il s'agit d'un secteur particulièrement sec au moins en été. L'apparition d'un cortège floristique plus terrestre confirmerait la trajectoire d'atterrissement de cette roselière.

Le transect suivi sur le secteur GB5 montre un autre type d'évolution. Ce secteur est sujet à des fluctuations importantes dans les densités en tiges vertes et sèches. En 2002, 2006 et 2010, trois pics de densités sont enregistrés avec respectivement 221,9, 281,6 et 242,7 tiges/m². La densité en tiges sèches suit globalement ce même schéma (figure 16). Pourtant, à partir de 2011, un déclin important dans les densités en tiges vertes et sèches est enclenché. Non seulement le nombre de tiges par quadrat diminue mais le nombre de quadrats sans roseau (trouées) augmente. Il n'y a pas d'incidence sur la hauteur et le diamètre des tiges. A la différence du transect précédent, celui-ci est très humide. En moyenne, une douzaine de centimètres d'eau sont enregistrés lors des suivis. Il est vraisemblable que ce secteur soit donc continuellement en eau.

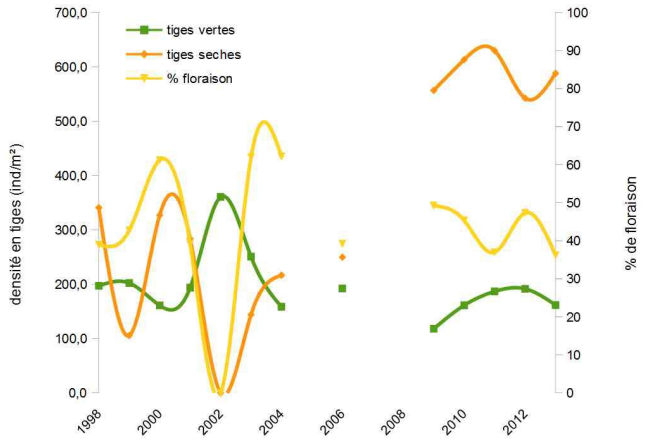


Figure 15: Evolution des paramètres de densités et de floraison du transect Rezo du Rozo en GB1 (demi-lune).

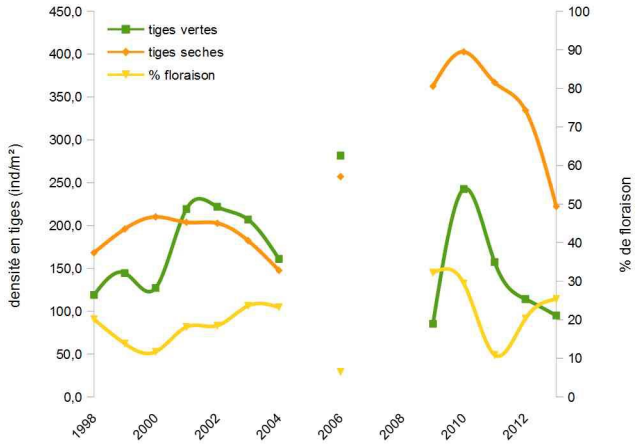


Figure 16: Evolution des paramètres de densités et de floraison du transect Rezo du Rozo en GB5.

2 Modèle hydrologique en roselière

a Analyse des données existantes

Grâce à l'importante série de données produites via un suivi bi-mensuel depuis 1997 pour certains secteurs du Grand Bagnas, la description des conditions hydrologiques est particulièrement précise. Le gestionnaire a la possibilité de maîtriser en partie l'évolution des niveaux d'eau de l'étang. Actuellement, la gestion suivie se traduit par une courbe théorique construite en faveur de certains oiseaux nicheurs et migrateurs. Les nicheurs comme le Héron pourpré ou le Butor étoilé ont besoin d'une lame d'eau suffisante au printemps pour s'installer. En revanche, l'accueil de limicoles migrateurs en fin d'été et à l'automne ne peut se faire qu'avec des niveaux d'eau très bas (figure 17).

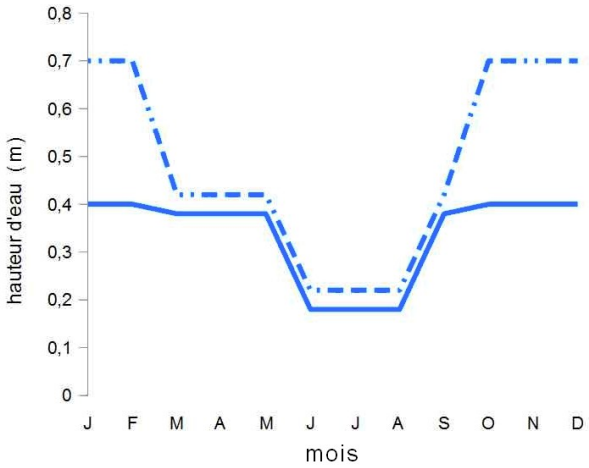


Figure 17: Courbe de gestion théorique des niveaux d'eau. Trait plein : niveau minimum souhaité ; Trait pointillé : niveau maximal souhaité.

b Évolution du niveau d'eau

Depuis 1997, le schéma annuel des niveaux d'eau reste constant dans l'étang. Ce schéma montre une évolution saisonnière marquée. Le pic de hauteur est atteint en hiver, généralement en février. L'eau provient principalement du Canal du Midi et moins largement des précipitations. S'ensuit une diminution progressive naturelle du niveau d'eau par évapotranspiration. Rarement des épisodes pluvieux réussissent à maintenir un niveau d'eau constant sur plusieurs jours. A partir du mois de juin la diminution s'accélère pour atteindre le niveau le plus bas en septembre. Cette accélération est d'autant plus importante que l'eau est volontairement évacuée de l'étang par le canal du « T ». Au cours de l'automne, le niveau d'eau remonte progressivement jusqu'à son maximum en hiver. Sur les cinq points de références, quatre montrent une évolution similaire et statistiquement corrélée. Seul le point de référence de la demi-lune suit une évolution propre. La hauteur maximum est également atteinte en hiver mais le secteur s'assèche très tôt, dès le début d'été avant de remonter progressivement en automne. L'évolution paraît plus lissée (figure 18). Enfin, le Canal du Midi ne montre pas de schéma particulier au cours de l'année. En revanche, l'évolution du niveau du canal depuis 1997 montre une forte tendance à la baisse [$r^2 = 0,29$; p-value < 0,001]. Les moyennes mensuelles des niveaux d'eau relevés les mois de juin à septembre expliquent principalement cette tendance (figure 19).

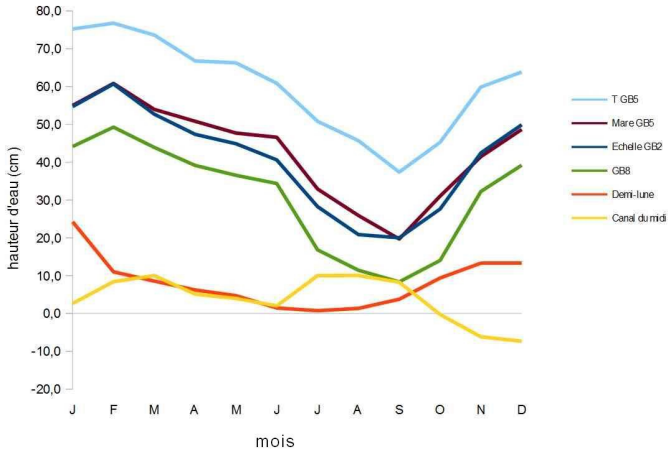


Figure 18: Évolution des niveaux d'eau sur les 6 points de suivis FILMED du Grand Bagnas.

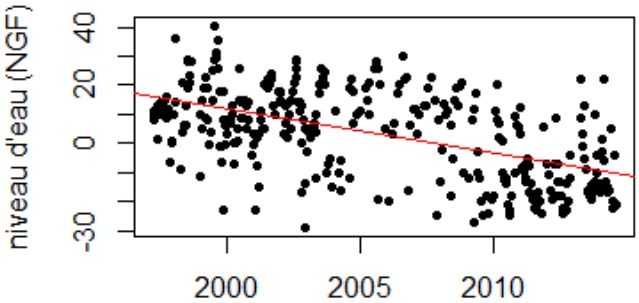


Figure 19: Évolution du niveau d'eau dans le canal du Midi de 1997 à 2014

c Caractéristiques physico-chimiques

Les résultats suivants sont issus de la base de données FILMED entre 1997 et 2013.

- Salinité

La salinité présente une évolution quasi-exclusivement dépendante des conditions climatiques. L'étang est une zone humide saumâtre avec une salinité minimale de 5g/L en moyenne, c'est une lagune dite mésohaline. Celle-ci peut être plus ou moins accentuée selon les secteurs. Les points en GB2, GB8 et GB5 « T » montrent une évolution et des valeurs très similaires. La salinité minimale est de 10g/L en hiver et augmente progressivement au printemps pour atteindre entre 20 et 25 g/L en fin d'été selon la baisse du niveau d'eau. Le point de la « demi-lune » suit ce même schéma de variation jusqu'en début d'été, période à laquelle le

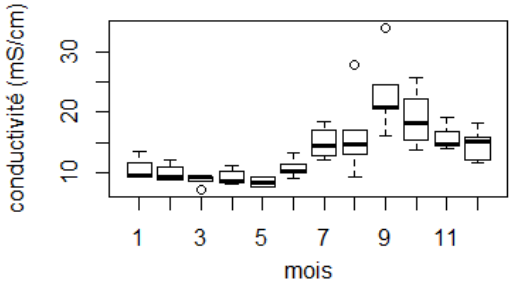


Figure 20: Évolution de la conductivité mensuelle dans l'étang au point GB5 « T ».

secteur s'assèche mais les valeurs sont bien plus basses. Elles varient entre 5 et 10 g/L (figure 20).

Le point en GB5 « mare » varie différemment du reste de l'étang. Ces variations ne peuvent être expliquées seulement par les conditions climatiques. Il est situé au cœur de la roselière et juste au début du canal de l'ouest qui alimente l'étang en eau douce. Les variations particulières observées pourraient traduire des manœuvres de vannes sur le canal du midi. Une coupure de l'apport en eau douce du canal accompagnée d'une évacuation de l'eau via le canal du « T » abaisse le niveau d'eau général et augmente le taux de salinité par exemple.

Enfin, la salinité du canal du midi ne montre pas de fortes variations, l'eau est tout à fait douce. Rarement, des épisodes d'hyper salinité sont à noter et sont la conséquence d'assèchements quasi-complets du canal pour des travaux d'entretiens.

- Température

La température de l'eau ne descend que rarement en dessous de 5°C en hiver. En été, il n'est pas rare qu'elle dépasse les 25°C, les pics sont enregistrés en juin ou en juillet. De fortes températures favorisent les problèmes d'eutrophisation et de sous-oxygénation. La température est un bon indicateur des variations climatiques annuelles. L'ensemble de l'étang évolue de la même manière (figure 21). Les températures extrêmes enregistrées ne sont pas létales mais peuvent constituer des conditions difficiles pour une partie de la faune et de la flore.

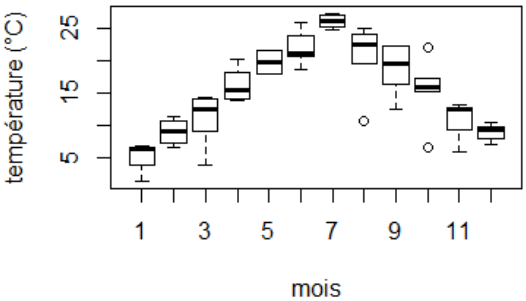


Figure 21: Évolution des températures mensuelles dans l'étang au point GB5 « T ».

- Oxygène dissous

Globalement, l'ensemble des points de références montrent une évolution annuelle similaire. En hiver, les valeurs varient autour de 10 mg/L d'oxygène dissous. Les premières baisses d'oxygène sont à noter au début du printemps avec l'arrivée des premières chaleurs. La fin de l'été et l'automne sont marqués par une raréfaction de l'oxygène pouvant atteindre des seuils létaux (< 4 mg/L). Il s'agit d'un phénomène habituel d'intensité variable en fonction du climat. Le point situé en demi-lune est toutefois caractérisé par des valeurs très basses tout au long de l'année. Cela s'explique par le niveau d'eau également très bas. Les valeurs enregistrées en été et en automne sont défavorables à l'installation d'une faune aquatique diversifiée.

- Saturation

L'évolution de la saturation en oxygène est très proche de celle de l'oxygène dissous. Les informations importantes sont des épisodes de sursaturation à plus de 300%. Cela traduit de fortes productivités phytoplanctoniques. A l'inverse, des valeurs de basse saturation (< 40%) sont assez régulières notamment en été et en automne. De telles conditions peuvent s'avérer difficiles pour la vie aquatique.

- Potentiel hydrogène

En milieu saumâtre, le pH se situe autour de 8,2. Les conditions deviennent difficiles pour la vie aquatique pour un pH inférieur à 7,5 ou supérieur à 9. Les points de référence de l'étang sont en moyenne au dessus du seuil

maximum. En été, le pH dépasse facilement 9, jusqu'à 10 ponctuellement sur les points GB2 et GB5 « T ». Les points de suivi du canal du midi, GB8 et GB5 « mare » sont plus régulièrement dans l'intervalle moyen favorable. La demi-lune montre régulièrement des valeurs en dessous de 7,5.

d Suivi hydrologique en roselière

La réalisation de points de mesure supplémentaires en roselière permet d'obtenir une vision plus réaliste de l'évolution du niveau d'eau et de certaines caractéristiques physico-chimiques. De plus, les résultats autorisent l'élaboration d'un modèle hydrologique relativement simple pour prévoir les niveaux d'eau en roselière à partir de quelques points de référence.

Sur les 47 points suivis, 46 l'ont été intégralement. Le point n°13 n'a pas été suivi de la semaine 22 à la 28. Son accès aurait nécessité d'approcher la colonie de sternes pierregarins. L'espèce étant sensible au dérangement, le suivi de ce point est laissé en suspend le temps de la reproduction. De plus, des problèmes techniques avec la sonde de pH ont empêché la mesure de cette variable entre la semaine 17 et la 23.

- Hauteur d'eau

L'ensemble des points montre une évolution tout à fait similaire. Le suivi révèle des hauteurs assez faibles sur l'ensemble des points en roselière. A la mi-avril, la moyenne est de 16,1 cm (IC ± 1,7) au niveau des touradons de roseaux. Les niveaux les plus hauts sont compris entre 20 et 25 cm. Il s'agit des points localisés dans les petits bassins du secteur GB6. Les premiers assecs sont enregistrés un mois plus tard. Sur l'ensemble du site, deux grands secteurs se distinguent. Les roselières de l'étang s'assèchent rapidement tandis que celles des bassins de GB6 restent encore en eau. A la mi-juin, il ne reste que deux points de l'étang, sur les 24, où la roselière garde encore les tiges dans l'eau contre un seul point asséché sur les 25 suivis dans les petits bassins.

- Salinité

La grande majorité des points suit une évolution de salinité qui dépend des conditions climatiques. Les valeurs sont très faibles en début de printemps avec une moyenne globale de 2,5 g/L (IC ± 0,4). La salinité augmente progressivement au cours du printemps et de l'été tant que l'eau est encore présente. Fin juillet, la moyenne se situe à 6,6 g/L (IC ± 1,9). La variation spatiale est assez importante puisque des valeurs supérieures à 10 g/L ont été enregistrées sur certains points (max = 19,6 g/L). D'une manière générale, la salinité reste dans la gamme de tolérance du roseau même si sa croissance est connue pour diminuer entre 5 et 20 g/L.

- pH

L'absence de valeurs sur 1/3 des relevés ne permet pas de décrire précisément l'évolution du pH en roselière. Une majorité de points étaient déjà asséchés lorsque la sonde était à nouveau opérationnelle. Les résultats les plus complets sont ceux obtenus sur le secteur GB6 dans les petits bassins. Le pH tend à diminuer progressivement au cours du printemps et de l'été. La moyenne se situe à 8,3 (IC ± 0,1) mi-avril et à 7,9 (IC ± 0,1) fin juillet. Les valeurs restent donc dans l'intervalle favorable au développement d'une vie aquatique et à l'amplitude écologique du roseau.

e Modélisation hydrologique

Le site ayant évolué uniquement sous des conditions hydrologiques et climatiques naturelles cette année, il est possible de modéliser facilement l'évolution de la hauteur d'eau (figure 22). Une régression linéaire simple permet de synthétiser cette évolution. Sur la période de suivi, le niveau d'eau peut être simplifié au modèle suivant [r^2 = 0,95 ; p-value < 0,001] :

$$-1{,}03\ (x) + 32{,}18$$

La précision de ce modèle permet de déduire une baisse du niveau d'eau d'environ 1 cm par semaine au cours du printemps et de l'été 2014. En conséquence, la salinité augmente également en fonction de la baisse du niveau d'eau liée aux conditions climatiques locales. Les épisodes de précipitations sont très faibles au cours de cette période. Le suivi pluviométrique n'enregistre que 83 mm du 12/05 au 31/07. Les résultats sont donc considérés comme reflétant l'évolution du niveau d'eau lors d'une année sèche.

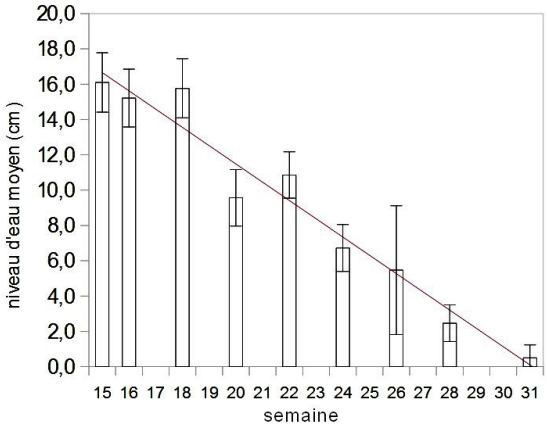


Figure 22: Évolution du niveau d'eau moyen en roselière. Barres d'erreurs = intervalle de confiance 95%

Pour chaque point suivi en roselière, une série de tests statistiques est réalisée. L'objectif est d'identifier les meilleures régressions et corrélations entre ces valeurs et celles des 6 points du suivi FILMED. Sur les 47 points en roselières, seulement 6 ne montrent pas de liaisons statistiques significatives avec les points de références. La raison est essentiellement le manque de données, ces 6 points étant des secteurs qui se sont asséchés très rapidement empêchant l'accumulation de suffisamment de mesures. Le meilleur point de référence est incontestablement le GB5 « T ». Les résultats des séries de tests sont donnés en annexe VIII. Les modélisations sont également intégrées dans un tableur numérique.

Les variations du niveau d'eau de 41 points en roselière est donc prédictible à partir du suivi FILMED. Les résultats montrent que le niveau d'eau en roselière est bien plus bas que celui mesuré dans l'étang. Lorsque le niveau de gestion théorique de 40 cm est atteint de mars à mai, alors l'ensemble des points en roselière sont sans eau. Pour obtenir une lame d'eau moyenne de 20 cm de juin à août, le niveau d'eau en GB5 « T » devrait être de 74 cm. Toutefois, la répartition des points ne permet pas d'obtenir une vision exhaustive du niveau d'eau de l'ensemble de la roselière. De plus, il serait nécessaire d'affiner les résultats dans des conditions météorologiques différentes.

3 Typologie des massifs de roseaux

a Variables indicatrices

La première étape dans l'identification des massifs de roselière consiste à identifier les corrélations entre les variables mesurées. Une ACP est réalisée dans ce sens. Les deux premiers axes traduisent 38% (21 + 17) de l'information disponible. Le premier axe est principalement représenté par les variables *hroseau (*hauteur de tige*), droseau (*diamètre de tige*), densver (*densité en tiges vertes*)* et *clairs (*pourcentage de zone sans végétation*)*, soit des mesures de structures et de densités de couvert végétal. Le deuxième axe est représenté par les variables *hlit (*épaisseur de litière*), hvase* (épaisseur de la couche de vase) et *heau20 (*hauteur d'eau modélisée à la mi-mai*)*, soit des mesures décrivant l'état du sol. Le cercle et la matrice des corrélations montrent les relations existantes entre les variables. Ainsi, les variables *droseau* et *hroseau*, relatives au diamètre et à la hauteur des tiges sèches sont positivement et fortement corrélées. Pour éviter de choisir l'une ou l'autre, elles sont synthétisées dans un calcul de volume de tige, variable *voltige*. La variable relative à la hauteur de l'eau est présentée suite à une homogénéisation des valeurs. La mesure de hauteur d'eau est fortement sujette au biais d'évaporation au cours de la saison. Les mesures utilisées sont donc celles issues du modèle hydrologique en roselière. Elle est corrélée positivement à la variable *hlit* et négativement à *hvase.* La variable de hauteur d'eau est écartée car estimée et non mesurée mais peut donc être retrouvée indirectement à travers les variables relatives à la litière et la vase (figure 23). Une seconde ACP est réalisée avec les variables conservées. Les deux premiers axes traduisent cette fois-ci 41% de l'information disponible. Certains facteurs explicatifs ne sont donc pas pris en compte. L'explication des axes est très peu modifiée (figure 24).

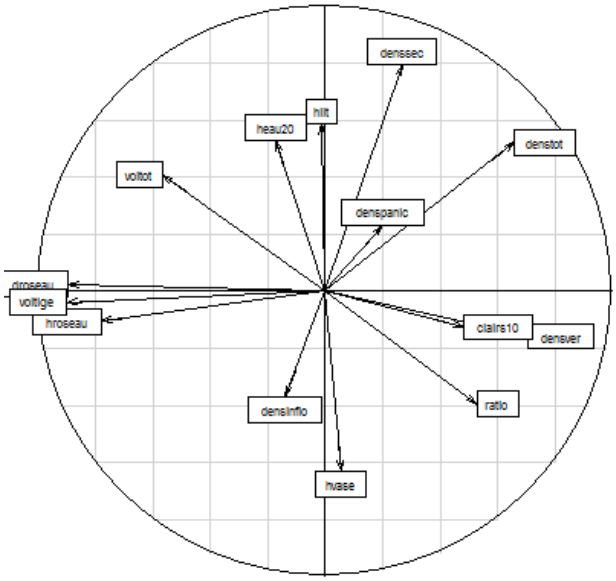


Figure 23: Cercle des corrélations obtenu sur l'ensemble des variables.

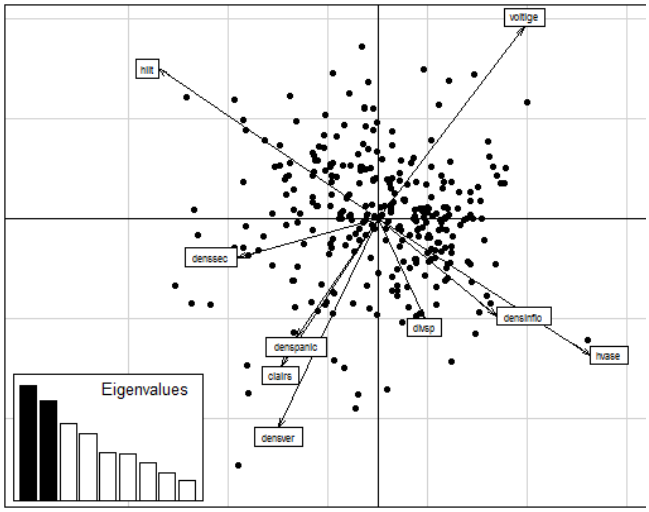


Figure 24: Projection des variables triées et des individus sur le plan des deux premiers axes.

b Identification et description des massifs

A partir des résultats de l'ACP, la CAH propose un découpage en quatre classes homogènes (figure 25). La projection des groupes sur un même plan permet de visualiser le degré de différenciation. Certains échantillons apparaissent nettement en dehors des ellipses tracées, représentant l'homogénéité des classes. C'est particulièrement le cas pour les groupes [1] et [3] (figure 26). Sur ces dernières classes, une CAH supplémentaire est réalisée afin de les différencier en sous-classes. Les classes [1] et [3] sont divisées en deux (figures 27 et 28). Ce procédé permet de réduire la variance des classes mais augmente leur nombre.

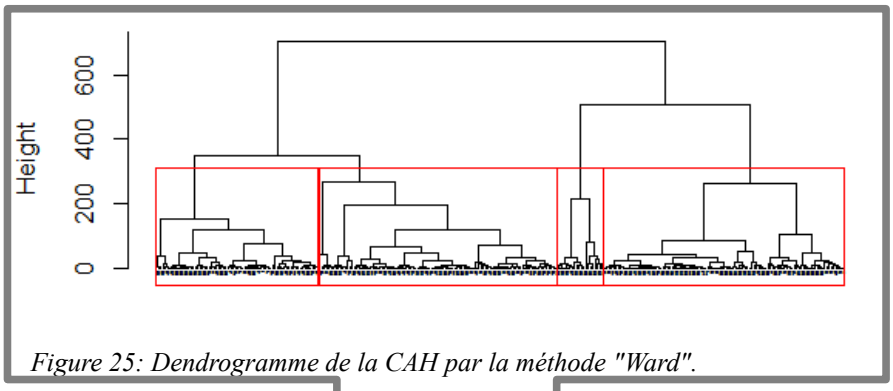


Figure 25: Dendrogramme de la CAH par la méthode "Ward".

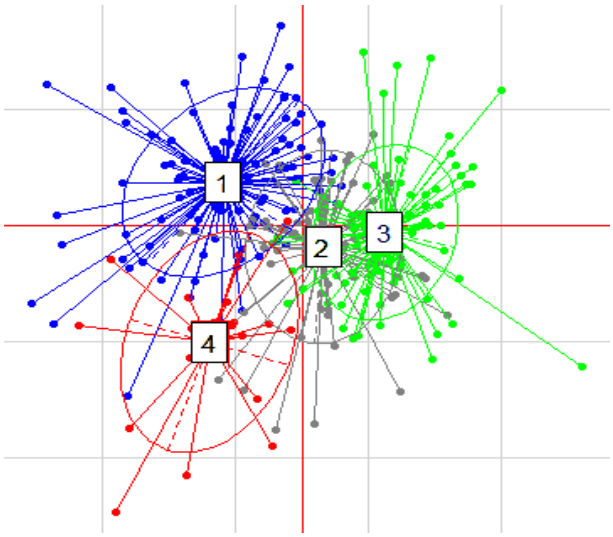


Figure 26: Projection des individus après CAH et visualisation des 4 groupes formant les types de massifs.

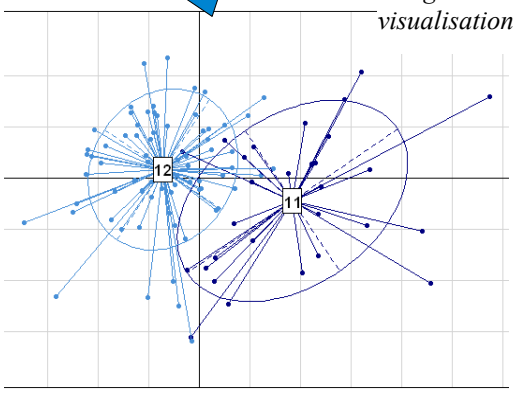


Figure 27: Projection après CAH du groupe [1] des individus formant les sous-groupes [11] et [12].

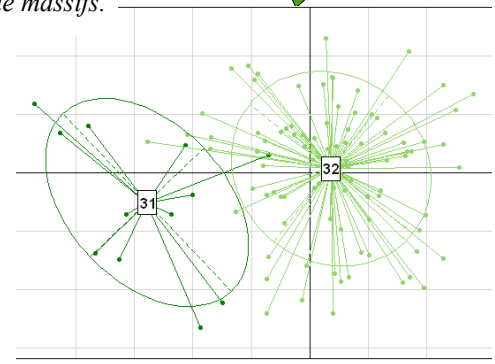


Figure 28: Projection après CAH du groupe [3] des individus formant les sous-groupes [31] et [32].

La méthode identifie quatre types de massifs notés [1], [2], [3], [4]. Les massifs [1] et [3] sont divisés en [11]+[12] et [31]+[32]. Pour chaque groupe et sous-groupes, les caractéristiques de chaque variable sont étudiées.

c Massif [11 et 12]

Le type de massif [11] est caractérisé par les plus grosses épaisseurs de litière, supérieures à 20 cm. Les valeurs moyennes sont d'ailleurs significativement différentes des autres types de massifs. Négativement corrélée, l'épaisseur de vase y est faible, 24,3 cm (IC ± 4,5). Un niveau d'eau élevé peut expliquer ces caractéristiques. Le volume des tiges, relatif à leur hauteur et diamètre, est faible, 11,8cm^3 (IC ± 1,9). La densité en tiges vertes est assez faible tandis que la densité en tiges sèches est élevée, respectivement 65,3/0,25m² (IC ± 8,6) et 207,8/0,25m² (IC ± 22,6).

Le type [12] présente des caractéristiques de sol similaires. En revanche, ce massif présente des densités en tiges plus faibles (figure 29).

d Massif [31 et 32]

Les caractéristiques du type [31] sont clairement définies. Les densités en tiges sont faibles, 32,3/0,25m² (IC ± 8,3) tiges vertes et 92,1/0,25m² (IC ± 17,3) tiges sèches. Le volume est le plus important de l'ensemble des massifs avec des tiges de 36,7 cm^3 (IC ± 7,2). Un tel volume correspond à des tiges de plus de 1,80 m pour un diamètre supérieur à 5 mm. L'épaisseur de litière, inférieure à 10 cm, est faible à l'inverse d'une couche de vase importante, 33,3 cm en moyenne (IC ± 6,7).

Les roseaux du type [32] sont moins grands et moins épais. La hauteur de vase y est plus importante, 54 cm (IC ± 1,5). Les densités en tiges vertes sont similaires. En revanche, la densité en tiges sèches est significativement plus importante que celle du type [31] (p-value < 0,05). (figure 30).

e Massif [2]

Il s'agit d'un groupe aux caractéristiques assez peu marquées. La seule variable significativement différente des autres types est la diversité floristique, qui reste toutefois modeste avec en moyenne 2,1 espèces (IC ± 0,4), (figure 31).

f Massif [4]

Ce massif est tout à fait particulier. Il est caractérisé par d'importantes surfaces de clairs, en moyenne 65% (IC ± 11,5) de surface non végétalisée. La densité en tiges vertes est également importante avec 492,8/m² mais le volume indique qu'il s'agit de tige aux mensurations faibles, avec en moyenne un volume de 10,1 cm^3. Ce type de roselière se présente sous la forme de touradons (mottes) très espacés entres eux. Il s'agit vraisemblablement de secteurs à roselières dégradés ou en cours de dégradation (figure 32).

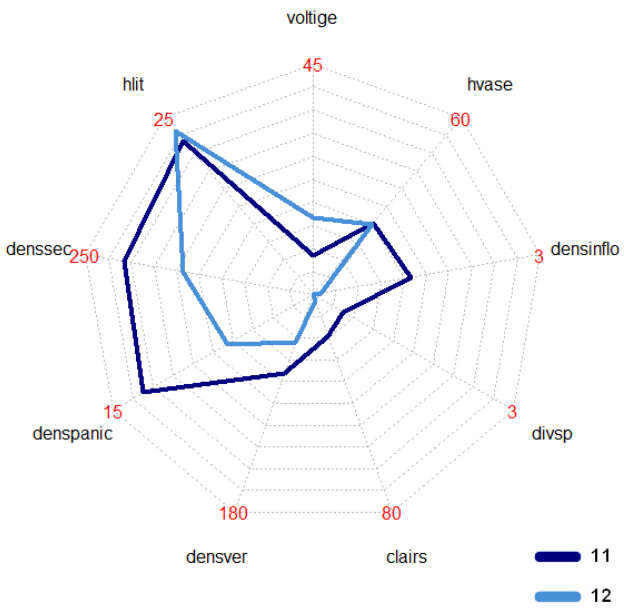


Figure 29 :Caractéristiques des sous-groupes [11] et [12].

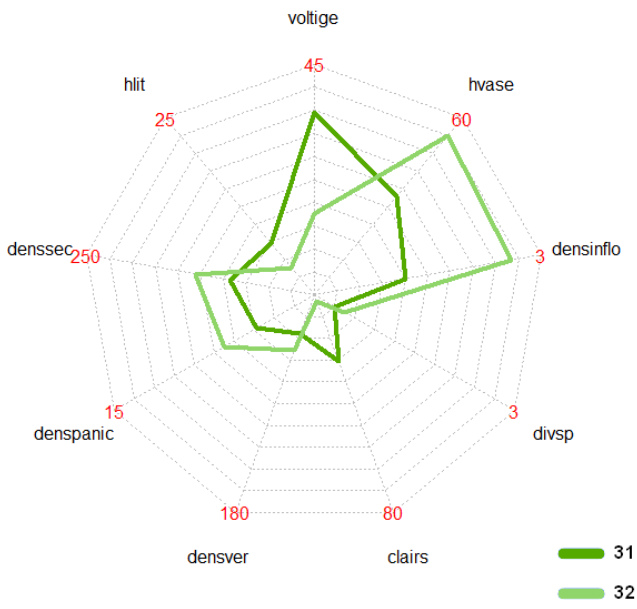


Figure 30 : Caractéristiques des sous-groupes [31] et [32].

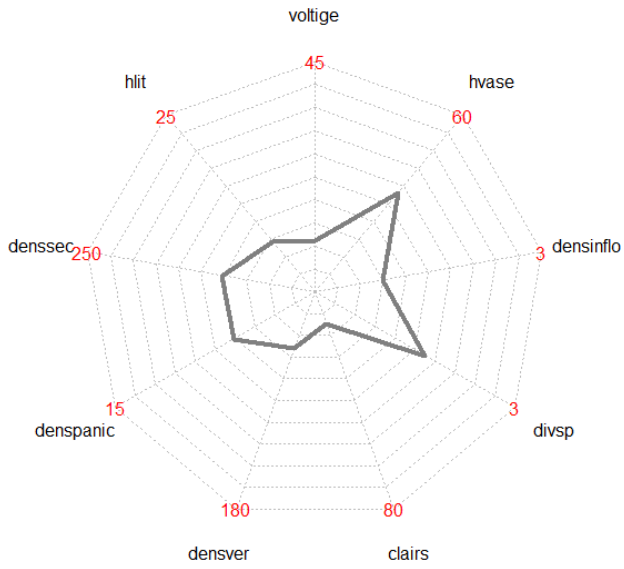


Figure 31 : Caractéristiques du massif [2].

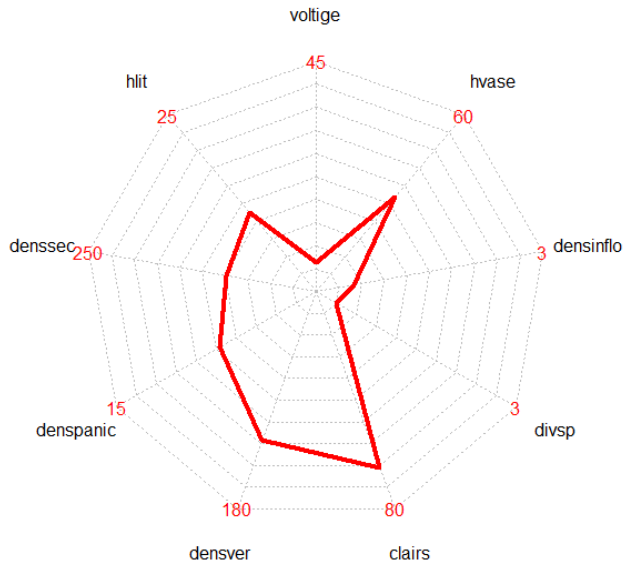


Figure 32 : Caractéristiques du massif [4]

Certains massifs peuvent avoir des caractéristiques très proches, voire identiques selon les variables étudiées. Une série de tests non-paramétriques de comparaison de moyennes est réalisée afin de déterminer les différences statistiques entre massifs. Les résultats sont disponibles en annexe IX.

g Modélisation spatiale des massifs

L'hétérogénéité de la roselière est donc clairement mise en évidence à travers cette méthode (figure 33). Il existe de grands secteurs homogènes pour les caractéristiques mesurées, tandis que d'autres sont de véritables mosaïques au sein d'une même entité géographique. Les variables les plus influentes dans cette cartographie sont principalement des caractéristiques de structure de roseau, hauteur, diamètre, densité, homogénéité ainsi que les caractéristiques du sol comme les épaisseurs de vase et de litière. En revanche, la diversité floristique et la densité en panicule influencent peu l'identification des massifs sur le site, cette année.

Les roselières linéaires bordant le nord et l'est de l'étang montrent des caractéristiques assez homogènes. Il s'agit principalement de massifs de type [32]. Les roseaux y sont assez hauts et épais. Le sol présente très peu de litière pour une épaisse couche de vase. Ces bordures s'assèchent rapidement. Le sud de l'étang est beaucoup plus composite. Les roselières sont très fragmentées, il n'y a pas de massif homogène. Le massif de type [4] prend une part importante de la surface en roseau. De plus la surface en eau libre y est très importante, il est très probable que ce secteur soit une relique de massifs plus étendus par le passé. Le grand secteur de roselière à l'est du « S » est très homogène dans l'ensemble. Les massifs présents sont de type [11] et [12]. Quelques massifs de type [2] et [4] ponctuent ce secteur. Cet ensemble est donc caractéristique des vieilles roselières humides. Les secteurs les plus en eau peuvent aboutir aux massifs de type [4]. Les roselières du secteur GB4 sont des massifs à tiges imposantes, [32]. Les secteurs les plus humides sont illustrés par les massifs de type [11] et [12]. Le secteur GB8 accueille la roselière la plus diversifiée. L'ensemble des différents massifs y sont présents. Les types de massifs les plus extrêmes comme le [31] et le [4] se jouxtent. Ce secteur est facile d'accès et est un excellent moyen de se rendre compte de l'hétérogénéité d'une roselière même sur quelques hectares. Les bassins du secteur GB6 sont très homogènes entre eux, le massif de type [12] y est majoritairement représenté. Il s'agit de roselières très humides avec d'importantes épaisseurs de litière. Les roseaux sont principalement de vieilles tiges. Dans la rangée du nord, deux bassins montrent des caractéristiques encore plus accentuées puisque appartenant au type [11]. Certains bassins sont atypiques avec notamment celui situé au nord-ouest. Cette roselière fait partie des plus distinctives, caractérisée par des tiges très imposantes et un sol qui s'assèche rapidement [31]. Un dernier bassin montre une roselière chétive de type [4]. Enfin, le secteur de la demi-lune est assez particulier. Une large moitié est caractérisée par des massifs de type [11] et [12]. Les litières sont donc épaisses et la vase peu présente. Ces caractéristiques sont des indices de roselières inondées. Or, l'assèchement précoce de ce secteur est très bien documenté. Il peut s'agir d'un biais méthodologique. Une forte épaisseur de litière n'est pas un indice complètement fiable de la présence d'eau en continu. Il peut également s'agir d'une autre dynamique de roselière avec une accumulation de matière organique sans décomposition malgré des conditions oxygénées. A l'ouest, le type [2] domine. Au centre de la demi-lune, un massif de type [31] se détache nettement.

De petits îlots isolés n'ont pas été échantillonnés et apparaissent donc sans information. Ce type de micro-massifs tendrait plutôt à se rapprocher du type [4], à savoir une majorité de tiges vertes très fines et peu hautes illustrant soit des roselières pionnières soit en cours de dégradation. De plus, certaines formes de massifs sont trop géométriques pour être considérées comme naturelles. C'est ici la limite majeure de la pression d'échantillonnage. L'image créée est en réalité composée de « pixels » aux dimensions de la grille de points, soit des quadrilatères de 50*50 m.

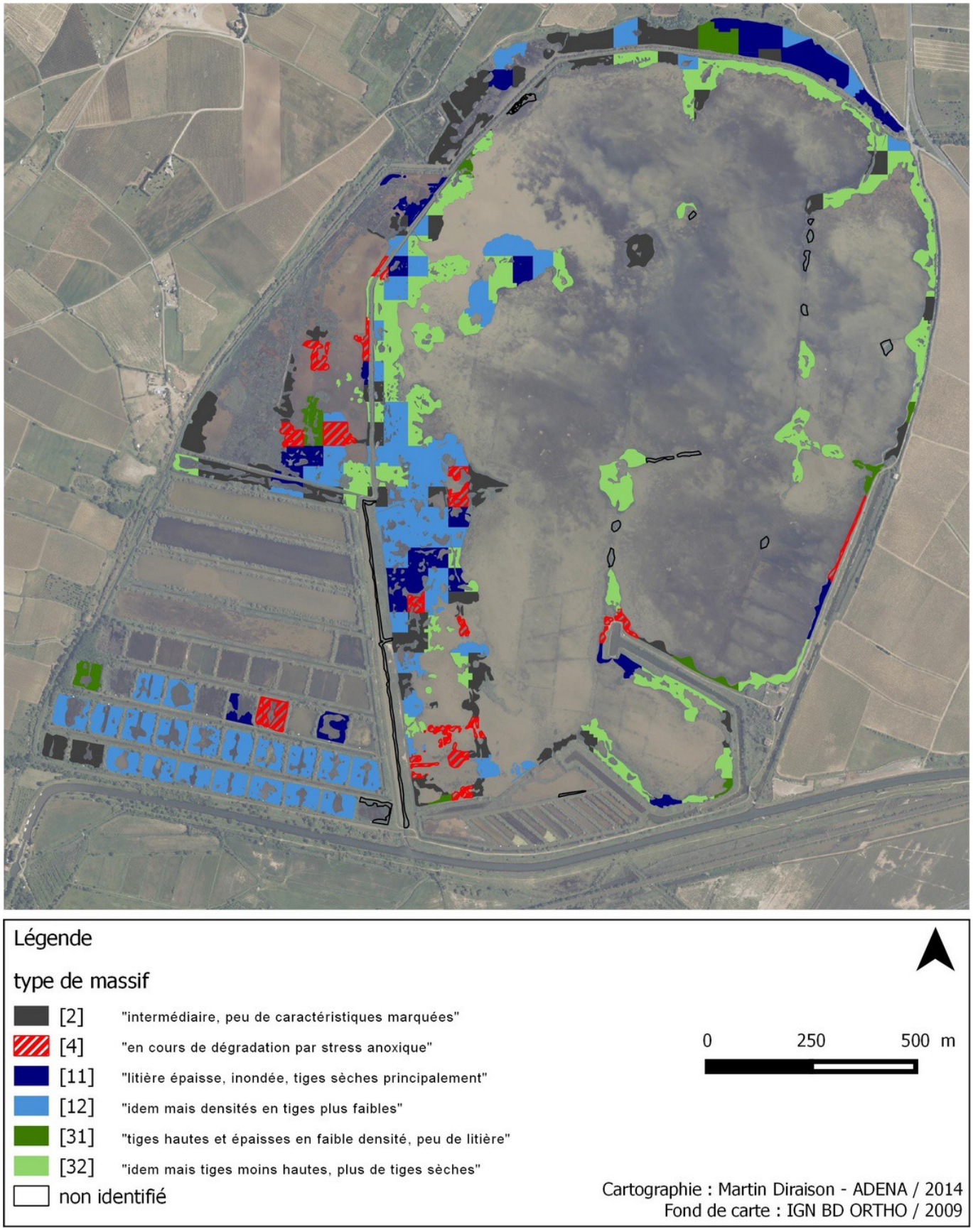


Figure 33: Cartographie des massifs de roselière

B Axe 2 : Améliorer les connaissances sur le peuplement d'oiseaux

Les résultats concernant le peuplement d'oiseaux reproducteurs sont présentés en trois parties.

1) l'état des populations.
2) les exigences écologiques pour chaque espèce.
3) un retour sur l'efficacité des méthodes mises en place.

1 État des populations

Sur les dix espèces ciblées, des indices de reproduction ont été enregistrés pour huit d'entre elles. Le Butor étoilé et le Bruant des roseaux ne sont pas nicheurs, au moins en 2014. L'espèce nicheuse la plus répandue est la **Rousserolle effarvatte** avec **entre 127 et 130 territoires** recensés sur l'ensemble des secteurs (annexe X). Moins abondante avec **entre 54 et 59 territoires**, la **Rousserolle turdoïde** se reproduit également sur l'ensemble du site de manière **certaine**. Le calendrier est sensiblement le même chez ces deux espèces. Les premiers chanteurs de Rousserolle turdoïde sont contactés le 12/04 et le 15/04 pour la Rousserolle effarvatte. Le pic d'activité de ces deux espèces est atteint entre mi-mai et mi-juin avec un maximum atteint le 23/05, 85 chanteurs d'effarvatte et 30 de turdoïde sont recensés. Le nombre de chanteurs décline nettement après le pic (figures 34 et 35). Au delà de cette période, le risque de confusion entre nicheurs locaux et migrateurs est trop important. Néanmoins, une partie des nicheurs doit probablement rester assez longuement encore au mois d'août comme l'atteste la découverte d'un nid de Rousserolle turdoïde avec deux poussins le 01/08. Il peut s'agir d'une 2nd ponte ou d'une de remplacement.

La **Lusciniole à moustaches** est plus localisée, elle manque dans les secteurs GB2, GB3 et GB7 (annexe X). Sa population est estimée **entre 24 et 27 territoires**. Le pic de mâles chanteurs est atteint dès le 2nd passage à la mi-avril avec 18 individus territoriaux. Le nombre de chanteurs décline très vite, seulement 4 individus sont contactés au cours du 4ème passage en fin-avril/début-mai. Le premier chanteur est détecté le 24/02 lors d'un suivi réalisé par le gestionnaire. Le suivi par cartographie des territoires débute donc après la période d'activité maximale. Pourtant, des indices territoriaux seront enregistrés jusqu'en début juillet. Durant les mois de mai à juin, entre 2 et 3 mâles sont entendus ou observés à chaque

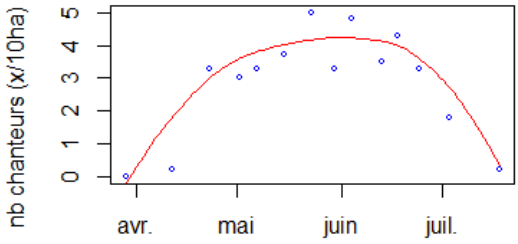


Figure 34: activité de chant de la Rousserolle turdoïde aux cours des 14 passages.

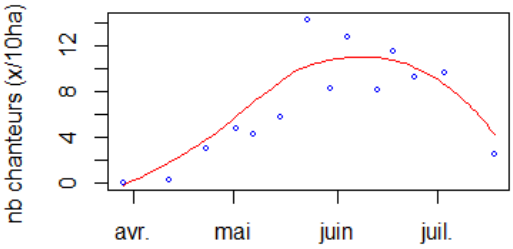


Figure 35 : Activité de chant de la Rousserolle effarvatte au cours des 14 passages.

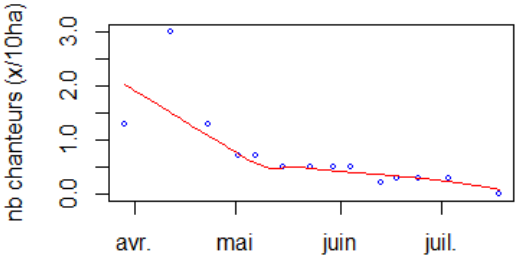


Figure 36 : activité de chant de la Lusciniole à moustaches aux cours des 14 passages.

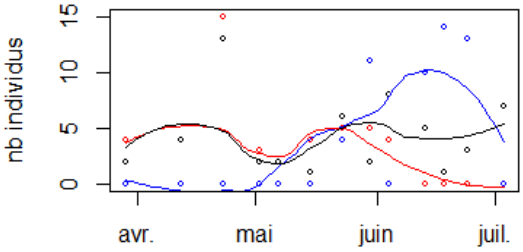


Figure 37: Variation des effectifs de panure à moustaches par classe d'âge. adulte=rouge ; juvénile=bleu ; indéterminée=noir.

passage. La période de reproduction est ici très étendue pour cette espèce réputée à la nidification précoce (figure 36). **La reproduction est certaine.**

Dernier passereaux nicheur, la **Panure à moustaches** avec une estimation de **18 couples** principalement dans les secteurs GB5, GB4 et GB8. Les premiers jeunes de l'année apparaissent fin avril et deviennent très vite la classe d'âge la plus contactée. A part l'apparition des jeunes qui prouve la **reproduction certaine** de l'espèce sur le site, il n'y a pas d'évolution particulière dans l'activité reproductrice discrète de cette espèce (figure 37).

La population de **Héron pourpré** était estimée à plus de 100 couples au début des années 80. Après cela, les effectifs se sont écroulés. Dans les années 90, l'espèce ne semble plus nicher sur le site ou irrégulièrement et dans des proportions très réduites. A partir de la fin des années 1990 et jusqu'en 2014 les effectifs repartent à la hausse. Les fluctuations restent très importantes et la population se situe entre 15 et 30 couples selon les sources (données internes ou Tour du Valat). L'effectif de 2014 est estimé à **26 couples**. Le premier individu est observé le 25/03. La présence de poussins confirme la **reproduction certaine** de l'espèce sur le site. Il semble que la colonie soit séparée en deux noyaux schématiquement au nord et au sud de la limite entre les secteurs GB4 et GB5 (annexe XI).

Les déplacements des hérons pourprés nicheurs montrent qu'il existe des axes préférentiels entre les zones de colonies et le secteur GB8. En effet, une vingtaine de déplacements ont concerné cet axe, soit 36% des observations. Le second axe est celui entre la colonie et le secteur GB6 avec 23% des observations. En 3ème position avec 14% des observations il semble que certains individus sortent s'alimenter hors-réserve à l'ouest. Étonnamment, les déplacements au sein du secteur d'emplacement de la colonie, GB5, ne concernent que 13% des observations (tableau 6 et annexe XII).

trajet		nb	%
GB5	GB8	20	36
GB5	GB6	13	23
GB5	hors réserve-ouest	8	14
GB5	GB5	7	13
GB5	longe	3	5
GB5	hors réserve_nord	2	4
GB4	hors réserve-nord	1	2
GB4	hors réserve (ouest)	1	2
GB5	GB1	1	2

Tableau 6: Distribution des déplacements déterminés de hérons pourprés nicheurs.

Le **Blongios nain** s'installe tardivement sur les lieux de reproduction. Le premier individu observé est un mâle adulte le 22/05 dans le secteur GB6. Au total, **9 couples ou territoires** sont identifiés par la méthode des points d'écoute avec repasse et la cartographie systématique des contacts. Certains territoires ne sont composés que de contacts de mâles, d'autres cumulent mâles et femelles. Aucun schéma de répartition n'apparaît clairement. Les secteurs GB6 et GB5 cumulent le plus de contacts (annexe XIII). Aucun indice de reproduction certaine n'a été enregistré. Le Blongios nain est estimé comme **nicheur probable** en 2014.

C'est la première tentative de recensement de la population nicheuse sur la réserve. Il n'est donc pas possible de contextualiser les résultats obtenus. En revanche, les observations enregistrées lors des comptages hebdomadaires fournissent des tendances de fréquentation. L'espèce n'est pas observée sur le site avant 1998. L'espèce n'est alors observée en moyenne qu'à hauteur de 1 à 2 individus par comptage. Cet intervalle reste constant sauf entre 2006 et 2008, période au cours de laquelle un pic très net de fréquentation est observé. Si la fréquentation constitue un indice des effectifs nicheurs, la population se maintient probablement entre 5 et 10 couples par an et aurait doublé voire triplé entre 2006 et 2008 avant de revenir à des effectifs plus modestes.

Les contacts avec la **Talève sultane** s'étalent sur l'ensemble de la période de l'étude sur le site. Des individus chanteurs et cantonnés fournissent les preuves de reproduction les plus solides. Les indices enregistrés permettent seulement d'évaluer la **reproduction probable de 2 couples** en 2014. La grande majorité des contacts est obtenue dans les grands massifs de roseaux des secteurs GB5 et GB4 par les méthodes de points d'écoute avec repasse et cartographie systématique des contacts (annexe XIV). Il semble que l'espèce se disperse un peu plus sur le site hors période présumée de reproduction. Des contacts isolés sont enregistrés sur tous les secteurs et correspondent à des dates du début du printemps ou de fin d'été. De plus, le nombre de contacts augmente sensiblement hors de la période de reproduction.

Pour cette espèce, la comparaison des effectifs nicheurs recensés sur le site n'est pas possible, les méthodes étant différentes ou inconnues. En revanche, l'évolution des effectifs maximum par année est standardisée et très proche de l'évolution du nombre de couples nicheurs en France. La 1ère observation sur le site date de 2001. Les effectifs ne cessent d'augmenter jusqu'en 2012. Une chute brutale et générale des effectifs en France est provoquée par un hiver 2011-2012 particulièrement rigoureux. Les effectifs sont repartis à la hausse mais n'atteignent pas le niveau maximal de 2010 (Clément, 2013). Avec encore 2 couples suite à cet épisode, les effectifs nicheurs du site d'étude vont certainement augmenter dans les années à venir si la dynamique nationale de colonisation se poursuit. Il est tout aussi certain que les effectifs ont été plus importants que cette année au cours des années 2000.

L'observation d'apport de matériaux et de proies à l'aire (annexe XV) confirme la **reproduction certaine d'un couple de busards des roseaux**. Régulièrement, un 3ème individu adulte est observé sans qu'il y ait d'interaction avec les nicheurs locaux. La particularité de ce couple est qu'il est composé d'une jeune femelle et d'un mâle au plumage mimétique d'une femelle adulte. Ce type de mimétisme est rare mais bien connu chez cette espèce. Dans le sud-ouest de la France, jusqu'à 40% des mâles développent un plumage féminin. La détermination certaine du sexe peut se faire par des mesures morphométriques (Bavoux *et al.*, 2006 ; Sternalski *et al.*, 2011). Dans le cas présent c'est l'observation des comportements lors des parades et échanges de proies qui ne laisse pas de doute quand au sexage des individus.

Le **Butor étoilé** na pas été contacté au cours du suivi. En dehors du protocole mis en place, deux observations ponctuelles renseignent sur une présence éventuelle de l'espèce en période de reproduction cette année. Toutefois, elles ne sont pas circonstanciées et leur fiabilité ne peut être vérifiée. Ceci étant, elles ne constitueraient pas d'indices solides de reproduction. Ces éléments conduisent à considérer l'espèce comme **non reproductrice** sur le site cette année. L'espèce est observée en très petits effectifs. Un maximum de 3 individus sont observés ensemble en octobre 2002. Les hivernants et migrateurs sont réguliers. Il n'y pas de tendance nette dans l'évolution de ces populations. Un seul mâle chanteur est contacté en 2000, 2002 et 2008.

Seulement cinq observations de **Bruant des roseaux** ont été réalisées lors des 14 passages de cartographie des territoires. En y associant les divers contacts ponctuels lors des autres suivis réalisés par le gestionnaire, dix contacts de bruant des roseaux sont enregistrés. L'espèce est contactée fin mars et seulement trois comportements territoriaux sont observés dans la 2ème moitié du mois d'avril. L'espèce disparaît après début mai. Un mâle adulte non territorial est observé brièvement le 01/08. Seule la sous-espèce nominale, *E.s.schoeniclus*, a été contactée. Le

faible nombre de contacts, l'absence de comportement territorial répété et l'absence d'observation sur une large période s'étalant de début-mai à fin juillet conduit à considérer cette espèce comme **non reproductrice** sur le site d'étude cette année.

Le recensement des effectifs nicheurs en roselière permet d'ajuster les connaissances et la valeur patrimoniale du site (tableau 7). L'évaluation patrimoniale des espèces se base sur plusieurs critères :

1. Inscrite à l'annexe I de la directive 2009/147/CE du parlement européen et du conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages (directive oiseaux). Les espèces mentionnées font l'objet de mesures de conservation spéciale concernant leur habitat, afin d'assurer leur survie et leur reproduction dans leur aire de distribution.
2. Listée dans la liste rouge des espèces menacées en France (UICN France *et al*., 2011). Étude réalisée sur le risque de disparition des 568 espèces d'oiseaux recensées dans l'Hexagone, incluant l'ensemble des espèces nicheuses, hivernantes et de passage.
3. Listée dans les listes rouges des oiseaux nicheurs en Languedoc-Roussillon (Méridionalis, 2003). Document proposant de définir les priorités de conservation de l'avifaune régionale sur le modèle de l'évaluation d'extinctions des espèces sauvages mis en place pour les listes rouges de l'UICN.
4. Répond aux critères numériques de 1% des populations connues aux échelles régionale et nationale (Méridionalis, 2003 ; Dubois *et al*., 2006).

*Tableau 7: Évaluation patrimoniale du peuplement nicheur. D.O. (I) : annexe I Directive Oiseaux ; cpl : couple ; t : territoires ; - : absence d'information ; ? : effectif fluctuant ; * : seuil 1% atteint ; *** : seuil 10% atteint*

							population reproductrice	
Espèce	reproduction	Effectif		D.O. (I)	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	France	région
Lusciniole à moustaches	certaine	24-27	t	x	Quasi-menacé		3000-6000(*)	> 25% nationale *
Rousserolle turdoïde	certaine	54-59	t		Vulnérable	Localisée	3000-5000*	-
Rousserolle effarvatte	certaine	127-130	t		Préoccupation mineure		200-300 000	-
Panure à moustache	certaine	18	cpl		Préoccupation mineure	Localisée	5000-7000	-
Héron pourpré	certaine	26	cpl	x	Préoccupation mineure	Déclin	~2000*	> 300 couples*
Blongios nain	probable	9	t	x	Quasi-menacé	Déclin	500-830*	< 50 couples***
Talève sultane	probable	2	cpl	x	En danger	En augmentation	13-123 *	- *
Busard des roseaux	certaine	1	cpl	x	Vulnérable	Rare, menacé	1600-2200	< 300 couples

Parmi les huit espèces nicheuses étudiées, sept d'entre elles sont considérées comme d'importance patrimoniale. Seule la Rousserolle effarvatte ne répond à aucun des critères. Les effectifs des populations de cette espèce commune ne sont pas préoccupants. Les densités en territoires sont plutôt élevées pour des roselières de plan d'eau (Sinassamy et Mauchamp, 2000 ; Géroudet, 2013) mais moyenne par rapport à des grandes roselières (Fouchet, 2010). La Panure à moustaches ne répond qu'au seul critère « localisé » de la liste rouge régionale du Languedoc-Roussillon. Cela signifie toutefois que 2/3 de la population régionale est limitée à quelques sites, lesquels ont une responsabilité vis-à-vis de l'espèce. Le reste du peuplement nicheur répond à au moins deux critères et jusqu'à cinq pour le Blongios nain. La simple présence du peuplement nicheur fournit donc un intérêt patrimonial très fort au site. Au regard des critères numériques, le site prend une dimension patrimoniale d'importance nationale. La moitié du peuplement atteint le seuil de 1% de la population nationale connue, soit quatre espèces. Les effectifs de la Lusciniole à moustaches sont probablement sous-estimés et sont proches du seuil de 1% de la population nationale. Les informations sont difficiles à interpréter concernant la Talève sultane compte tenu de la récente chute des effectifs en France, environ 100 couples en 2010 contre moins de 20 après l'hiver 2011-2012 (Clément, 2013). Mais quel que soit l'année de référence choisie, le seuil de 1% est atteint. La population de Blongios nain atteint même le seuil de 10% de la population régionale.

2 Exigences écologiques

Les caractéristiques de l'habitat de chaque espèce se reproduisant sur le site sont étudiées. Les variables relevées lors de la cartographie des massifs sont moyennées en fonction des mailles occupées par les espèces. Ces moyennes sont ensuite comparées aux moyennes globales du site dans son ensemble. Les différences statistiquement significatives permettent d'identifier des préférences spécifiques (tableau 8). Les analyses sont appuyées par les arbres de décisions par espèces.

Tableau 8 : Pour chaque espèce, les moyennes par variable sont données pour les mailles occupées, l'intervalle de confiance apparaît entre parenthèse. La 2nd colonne donne les valeurs minimales et maximales mesurées sur les mailles de présence. Les cellules en noir sont des moyennes significativement différentes de la moyenne globale du site.

	Lusciniole à moustaches		Rousserolle turdoïde		Rousserolle effarvatte		Panure à moustaches	
hvase	35,8 (4,4)	0-60	**41,6 (2,8)**	0-65	37,1 (2,4)	0-60	37,8 (4,3)	0-60
hlit	15,3 (3,0)	0,5-57,0	10,1 (1,9)	0-45	11,6 (1,5)	0-45	12,9 (3,1)	0-57
hroseau	150,7 (6,4)	91-216,5	157,2 (3,7)	83,6-216,5	152,9 (3,2)	77,1-216,5	150,1 (5,3)	91-200,7
droseau	37,2 (1,5)	21,9-57,3	38,0 (1,0)	22,5-58,9	37,5 (0,9)	22,5-58,6	36,7 (1,5)	21,9-51,5
densver	53,1 (12,5)	12-410	49,0 (5,5)	15-276	49,1 (4,6)	12-276	57,5 (14,7)	21-410
denssec	137,0 (14,5)	35-318	128,0 (8,7)	26-318	131,8 (7,7)	28-318	136,7 (14,8)	39-318
denstot	190,0 (19,2)	77-485	177,0 (10,2)	61-388	180,9 (8,8)	79-388	**150,1 (5,3)**	91-200
ratio	0,5 (0,2)	0,1-5,5	0,5 (0,1)	0,2-6,1	0,5 (0,1)	0,1-7,5	0,6 (0,3)	0,1-6,1
denspanic	7,0 (1,3)	0-32	7,0 (0,9)	0-27	6,7 (0,7)	0-32	6,7 (1,4)	0-24
densinflo	1,3 (0,6)	0-14	1,6 (0,5)	0-14	1,4 (0,4)	0-25	1,2 (0,6)	0-14
%clairs	**65,7 (4,7)**	0,1-99,6	58,2 (2,9)	19,7-99,6	57,9 (2,7)	10,2-100,0	59,2 (4,7)	17,6-98,8
interface	118,9 (13,1)	4,1-240,2	128,4 (8,0)	11,1-277,2	123,8 (7,1)	0-266,8	121,6 (11,6)	12,7-217,6
divsp	1,2 (0,1)	1-3	1,3 (0,1)	1-3	1,4 (0,1)	1 – 5	1,3 (0,1)	1-3
N =	62		128		185		61	

	Héron pourpré		Blongios nain		Talève sultane		Grand Bagnas	
hvase	**19,9 (7,3)**	0-60	33,8 (6,4)	0-60	33,2 (10,8)	0-60	36,4 (1,9)	0-65
hlit	**27,9 (5,7)**	2-45	14,4 (4,3)	1-45	19,5 (8,5)	0,5-45	11,9 (1,3)	0-57
hroseau	156,1 (9,6)	118,6-195,2	153,1 (7,8)	98,5-183,5	151,5 (9,8)	115,8-178,1	150,9 (2,7)	77,1-230
droseau	38,5 (4,3)	23,1-57,3	38,6 (1,9)	28,3-58,9	35,6 (2,1)	28,3-42,8	36,9 (0,7)	21,9-58,9
densver	43,3 (11,8)	12-95	50,3 (11,3)	24-209	49,0 (9,9)	29-92	51 (4,2)	11-410
denssec	176,6 (43,2)	83-351	137,0 (18,3)	28-290	156 (37,6)	59-318	130 (6,5)	26-351
denstot	219,9 (52,6)	110-446	187,3 (19,9)	96-346	205 (38,9)	135-388	181 (7,8)	58-485
ratio	**0,3 (0,0)**	0,1-0,5	0,6 (0,4)	0,2-7,5	0,4 (0,2)	0,2-1,6	0,5 (0,1)	0,1-7,5
denspanic	7,4 (3,4)	1-27	6,4 (2,0)	0-27	5,9 (1,9)	1-15	7 (0,6)	0-32
densinflo	**0,3 (0,3)**	0-2	1 (0,7)	0-8	2 (3,5)	0-25	1,3 (0,3)	0-25
%clairs	**76,6 (5,9)**	54,8-95,1	**65,0 (4,0)**	43,6-85,8	**74,8 (6,9)**	56,2-99,6	58,0 (2,4)	0,1-100
interface	126,5 (16,8)	65,9-209,0	129,9 (17,5)	55,2-232,5	126,7 (32,8)	17,3-224,0	118,7 (6,1)	0-277,2
divsp	1	1	1,2 (0,1)	1-2	1,4 (0,3)	1-3	1,4 (0,1)	1-5
N =	16		32		14		295	

- Lusciniole à moustaches

Sur les 295 mailles de la grille de cartographie de la roselière, 62 ont été occupées par la Lusciniole à moustaches. La variable expliquant le mieux sa répartition est le pourcentage de clairs au sein de la roselière. En moyenne, son habitat est composé à 65,7% (IC ± 4,7) d'eau libre. Cette variable est également la première segmentation de l'arbre et la seule statistiquement significative (p-value < 0,05). Le seuil de présence est ici fixé à 57,3% sans couverture végétale. Près de 80% de la population se situe au dessus de cette valeur. Les autres variables de segmentation sont à considérer comme des tendances. La 2nd variable de segmentation vient confirmer la 1ère avec une préférence marquée pour des

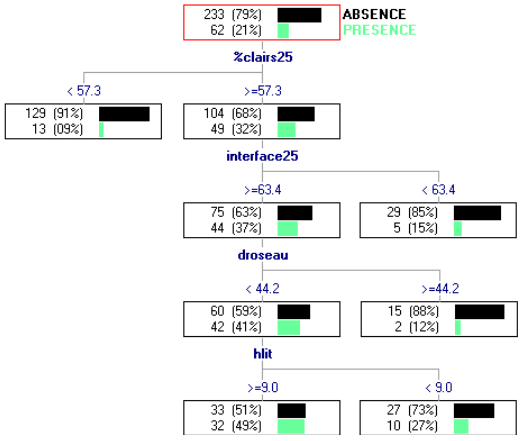


Figure 38 : Arbre de décision pour la Lusciniole à moustaches (minsplit = 10 ; minbucket = 10)

linéaires eau/roseau importants. Les massifs compacts et réguliers semblent évités. Les roselières avec des tiges imposantes (ici fort diamètre, supérieur à 4,4 mm) sont évitées par l'espèce. Enfin, plus de la moitié des mailles occupées (n = 32) ont une épaisseur de litière supérieure ou égale à 9 cm, cette dernière variable étant un indice des massifs humides. Le taux d'erreur de classement à l'issue de l'arbre est de 0,21. Plus d'1/5 ième des mailles occupées ne correspondent pas à la description générale de l'arbre. L'espèce semble privilégier les **massifs ouverts et humides** (figure 38).

- Rousserolle turdoïde

En moyenne, l'espèce occupe des roselières avec une couche de vase importante, 41,6 cm (IC ± 2,8), valeur significativement différente de l'ensemble du site. L'arbre de décision met également en évidence la hauteur de vase qui divise le nombre de mailles occupées (n = 128) en deux branches presque égales (p-value < 0,001). Cette segmentation est peu discriminante mais permet de supposer une relation neutre avec la présence d'eau qui est négativement corrélée à la hauteur de vase. Les autres variables de segmentation ne sont pas significatives. Elles montrent une tendance à l'évitement des massifs aux tiges très petites et fines (hauteur < 1,29 m et épaisseur < 3,5 mm) et également une préférence pour les massifs avec panicules. Le taux d'erreur de classement de l'arbre est assez élevé (0,31). Cela indique qu'une partie importante des mailles occupées présentent des caractéristiques autres. De plus, au regard des données brutes, les seuils donnés sont très larges (figure 39).

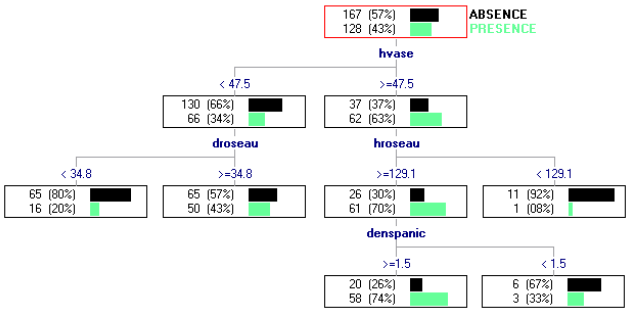


Figure 39: Arbre de décision pour la Rousserole turdoïde (minsplit = 10 ; minbucket = 10)

Le calcul du coefficient d'association de Phi donne les relations avec les massifs de roseaux identifiés. La Rousserolle turdoïde montre une corrélation positive significative avec les massifs de roselières de type [3], [31]+[32] (phi = 0,32 ; p-value < 0,001). Cette relation confirme la légère tendance illustrée par l'arbre de décision. L'espèce sélectionne en particulier les **massifs composés de tiges hautes à fort diamètre et aux faibles densités de tiges.**

- Rousserolle effarvatte

Cette espèce ne semble pas présenter d'exigences très marquées. Les moyennes des variables sur les mailles occupées ne diffèrent pas de l'ensemble du site. L'arbre permet seulement de dégager de légères tendances et le taux d'erreur reste important (0,30). Aucune branche n'est issue de segmentation statistiquement significative. L'espèce occuperait assez facilement des massifs ouverts. Les mensurations de tiges ne semblent pas être une variable influençant leur présence. Les massifs aux densités de tiges sèches inférieures à 120 tiges au m² semblent évités (figure 40). Cette dernière

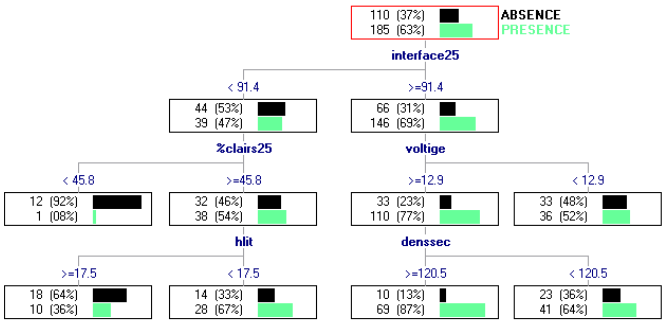


Figure 40: Arbre de décision pour la Rousserole effarvatte (minsplit = 10 ; minbucket = 10)

tendance pouvant être reliée aux exigences de la Rousserolle turdoïde qui, elle, est associée aux grandes roselières peu denses. Sur ces derniers massifs, la territorialité de la Rousserolle turdoïde exclut la présence de la Rousserolle effarvatte. Cette fauvette aquatique **plutôt ubiquiste** est **capable de se reproduire dans la plupart des massifs** lorsque la Rousserolle turdoïde ne les occupe pas déjà.

- Panure à moustaches

L'interprétation de l'arbre de décision pour cette espèce est délicate et assez peu informative. Les seuils proposés sont très larges et aucune segmentation n'est statistiquement significative. En revanche, la comparaison des moyennes montre que l'espèce pourrait privilégier les roselières avec une densité moyenne de 150,1 tiges / 0,25 m² (IC ± 5,3), valeur plus faible que sur l'ensemble du site dont la densité moyenne en tige est de 181,0 / 0,25 m² (IC ± 7,8). Les informations relatives à cette espèce restent partielles après ce suivi.

- Héron pourpré

Les exigences du Héron pourpré en termes de massifs de roselière sont sans doute les mieux comprises. Les résultats obtenus sur la colonie de la RNN du Bagnas confirment les connaissances déjà acquises dans d'autres études. Les caractéristiques de l'habitat sont analysées à partir des observations indiquant une nidification certaine, territorialité d'un couple, nid, poussin. La première variable de segmentation de l'arbre est l'épaisseur de litière.

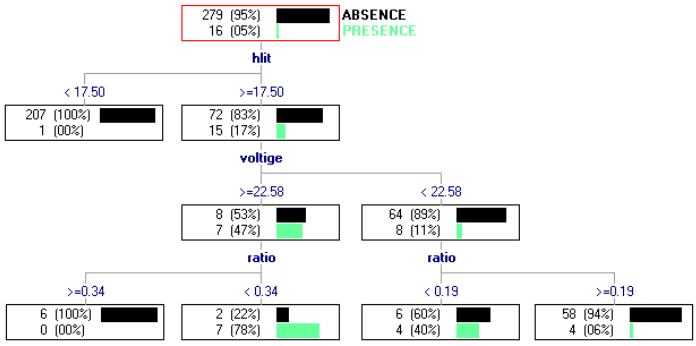


Figure 41: Arbre de décision pour le Héron pourpré (minsplit = 5 ; minbucket = 5)

Presque l'intégralité des mailles occupées par les hérons nicheurs présentent une litière supérieure ou égale à 17,5 cm (p-value < 0,001). Une telle épaisseur de litière n'est enregistrée que dans les massifs de type [11] et [12]. Sur ces massifs, une partie des relevés effectués lors de la cartographie des territoires permet d'obtenir une estimation du niveau d'eau, corrélé à l'épaisseur de litière. Les mailles occupées par l'espèce sont donc également **caractérisées par un niveau d'eau de 19,9 cm** (IC ± 1,1) à la mi-avril. La 2nde variable de segmentation semble indiquer une préférence pour des tiges hautes et épaisses bien que les deux branches produites divisent l'effectif en deux parts quasi-égales. La dernière variable de segmentation indique une préférence pour des massifs à tiges sèches, la plupart avec un ratio inférieur à 0,34 voire 0,19. La présence du Héron pourpré est donc nettement associée à de **vieux massifs humides,** des caractéristiques décrites dans les **massifs de type [11] et [12]**. L'ensemble de l'arbre est conforté par le très faible taux d'erreur (0,03) (figure 41).

Cette espèce est également un bon indicateur du type de roselière. Le calcul d'un *indicator value* permet d'identifier une forte association entre le Héron pourpré et les massifs de type [1] (IndVal = 0,37 ; p-value < 0,01). Le coefficient de spécificité est tout à fait intéressant (0,94). Il permet de se baser sur l'affirmation suivante : **La présence de héron pourpré nicheur atteste d'un massif de type [1] ([11]+[12])**. Le coefficient de fidélité est en revanche assez faible (0,14), un massif de type [1] n'est pas forcément occupé par l'espèce.

Enfin, cinq des treize variables caractérisant l'habitat sont significativement différentes du site dans son ensemble.

Celles-ci ont pour point commun d'indiquer plus ou moins directement la **présence d'eau dans les massifs** utilisés pour la reproduction. Les hauteurs moyennes de litière, 27,9 cm (IC ± 5,7) et de vase 19,9 cm (IC ± 7,3) confirment l'arbre de décision, tandis que le ratio tiges vertes/sèches 0,3 (IC ± 0,0) et la densité en inflorescences 0,3 / 0,25 m² (IC ± 0,3) décrivent des **massifs dominés par les tiges sèches**. Le pourcentage moyen de clairs, 76,6% (IC ± 5,9), est élevé, un indice supplémentaire de massif en état de stress anoxique.

- Blongios nain

L'espèce semble privilégier les massifs présentant une surface en eau libre importante. En moyenne, les mailles occupées sont composées à 65% (IC ± 4,0) de clairs. La première variable de segmentation de l'arbre concerne également ce pourcentage de clairs. Aucune maille présentant moins de 43,3% n'est occupée par l'espèce. La variable suivante, densité en tiges sèches, n'est intéressante que parce qu'elle conserve une grande majorité des individus. La dernière variable de segmentation montre l'importante des massifs à tige de fort diamètre, supérieur à 3,4 mm (figure 42). Le Blongios nain privilégie les **massifs ouverts à tiges épaisses et hautes**. Aucune segmentation n'est statistiquement significative mais le taux d'erreur reste satisfaisant (0,10).

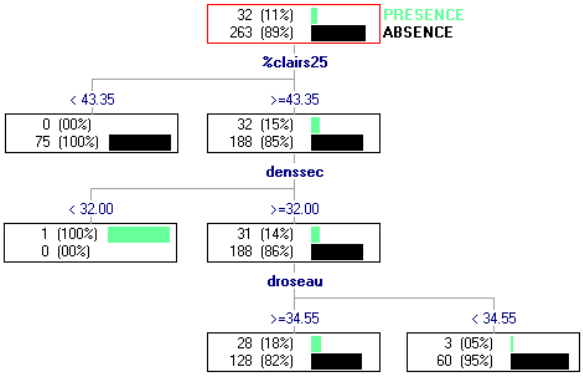


Figure 42: Arbre de décision pour le Blongios nain (minsplit = 5 ; minbucket = 5)

- Talève sultane

Tout comme la précédente, le pourcentage de clairs explique une partie de la répartition de cette espèce. En moyenne, les mailles occupées sont composées à 74,8% (IC ± 6,9) d'eau libre, valeur supérieur à la moyenne du site. Le taux d'erreur de l'arbre est très satisfaisant (0,04). La première segmentation est également donnée par le pourcentage de clairs (p-value < 0,05). L'intégralité des contacts avec l'espèce sont obtenus dans des mailles avec plus de 55,8% de clairs. La seconde variable indique le type de tige apprécié mais la segmentation n'est pas significative. L'espèce n'est presque pas présente au dessus d'un volume de tiges sèches de 16,78 cm^3 (figure 43). La Talève sultane est présente dans les **massifs ouverts à tiges moyennes**.

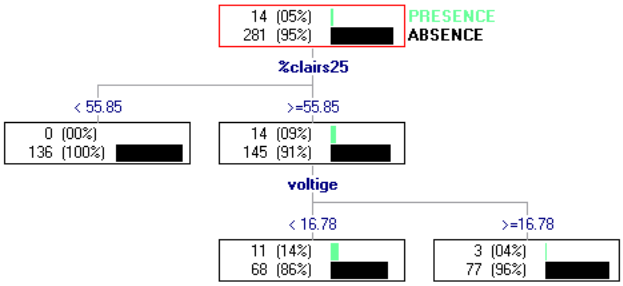


Figure 43: Arbre de décision pour la Talève sultane (minsplit = 5 ; minbucket = 5)

- Busard des roseaux

Avec la présence d'un seul couple, il n'est pas possible de détailler avec précision les exigences écologiques du Busard des roseaux. L'aire est toutefois construite au cœur des massifs les plus étendus du site entre les secteurs GB4 et GB5. Cela peut suggérer une **préférence pour les vastes roselières.**

- Butor étoilé

Le Butor n'a pas été recensé comme nicheur cette année. Les connaissances sur l'espèce sont très précises et permettent de diagnostiquer le potentiel du site grâce aux séries de variables mesurées dans le cadre de la cartographie des massifs de roselière. Les principaux critères permettant de juger la qualité de l'habitat de nidification du butor sont : 1) la hauteur d'eau, 2) la densité en tiges sèches, 3) la densité en tiges vertes et 4) la proportion de clairs (Poulin, 2012). En triant les échantillons en fonction des seuils, très peu présentent l'ensemble des valeurs requises. Les trois premiers critères déclassent moins de 5% des échantillons. En revanche, la proportion de clairs apparaît comme le facteur le plus discriminant. Dans le scénario le plus optimiste, seulement 35 échantillons répondent aux exigences. Ceux-ci ne forment toutefois pas de massifs homogènes et concernent pour la plupart des massifs linéaires de bordure d'étang dont la surface totale n'est clairement pas favorable. L'habitat de reproduction du Butor étoilé n'est par conséquent pas présent sur le site. L'important mitage de la couverture végétale par des clairs et l'importante fragmentation de certains secteurs suffit à expliquer son absence en tant que nicheur.

- Bruant des roseaux

Le cas du bruant semble relativement bien explicable au regard des connaissances bibliographiques sur l'espèce et la description du site d'étude. Cette espèce privilégie les roselières humides en mélange avec du jonc (Vera *et al*., 2011). Seules les formations végétales du secteur GB8 seraient susceptibles d'accueillir l'espèce en période de nidification. Néanmoins, les zones où le roseau est en mélange avec d'autres espèces sont parmi les premières à s'assécher. L'habitat de cette espèce n'est donc pas présent sur le site.

3 Retours méthodologiques

a Cartographie des territoires

Pour la Rousserolle effarvatte, compte tenu de son abondance, le seuil de 85% de territoires identifiés est atteint au cours du 8ème passage et le seuil de 100% au cours du 11ème. Le premier passage étant hors période d'apparition de l'espèce, le suivi aura nécessité 10 passages, chacun cumulant des informations nouvelles (figure 44). Plus de 85% du total de territoires de Rousserolle turdoïde est identifié dès le 6ème. Il faut continuer jusqu'au 9ème pour atteindre 100% du nombre de territoires estimé sur la durée du suivi (figure 45). Enfin, la totalité des territoires de Lusciniole à moustaches est identifiée dès le 4ème passage. Dès le 2nd, plus de 90% des territoires sont identifiés. Les 10 passages supplémentaires n'apportent aucune information nouvelle concernant l'identification des territoires (figure 46).

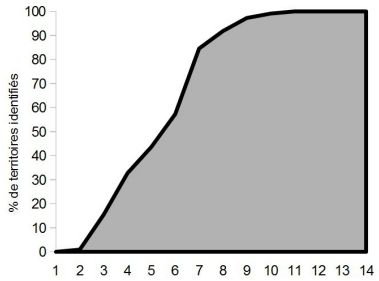


Figure 44: Efficacité des passages pour la Rousserolle effarvatte.

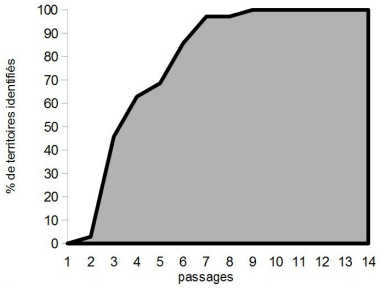


Figure 45: Efficacité des passages pour la Rousserolle turdoïde.

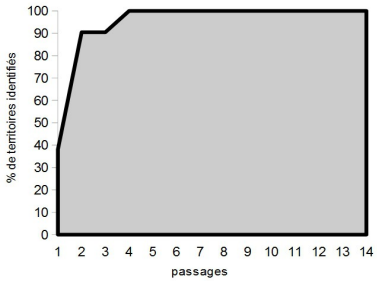


Figure 46 : Efficacité des passages pour la Lusciniole à moustaches

En sélectionnant uniquement les trois meilleurs passages, ceux cumulant des conditions météorologiques clémentes en pleine période d'activité de reproduction (= « 3 bons ») l'efficacité de la méthode est mise en évidence. Pour les trois espèces du genre *Acrocephalus*, la base de comparaison est le nombre de territoires identifiés après 14 passages transformé en indice 100. Pour compléter la comparaison, dix séries de trois passages ont été tirées au sort (= « 3 hasards »). Pour chacune de ces espèces, plus de 90% des territoires auraient été identifiés avec seulement trois passages couvrant les pics d'activités (tableau 9).

Tableau 9: Comparaison de l'efficacité de la pression de passage sur l'identification des territoires de passereaux.

	3 hasards	3 bons	total 14
Lusciniole à moustaches	52,3 (± 31,7)	**90,5**	100
Rousserolle turdoïde	79,5 (±6,9)	**97,1**	100
Rousserolle effarvatte	68,0 (±18,2)	**93,6**	100

La Panure à moustaches échappe à une partie des objectifs de la méthode. Par sa grande discrétion il est évident que seuls les individus les plus proches du trajet parcouru par l'observateur sont contactés. Les quelques observations éloignées sont souvent des individus en vol dont la localisation est approximative. Les effectifs les plus importants sont compris entre 0 et 30 mètres. Au delà de 60 mètres, aucun individu n'est contacté ou détecté (figure 47). De plus, les mâles de cette espèce sociable sont non-territoriaux. La cartographie des contacts permet seulement d'identifier les secteurs de répartition (annexe X).

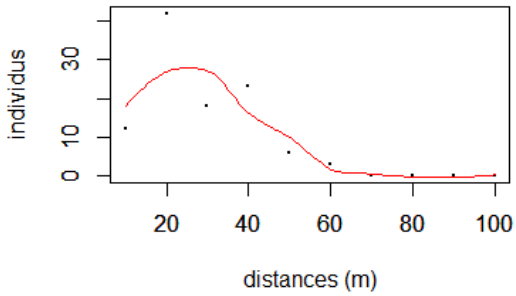


Figure 47: Variation du nombre de contacts avec la panure à moustaches en fonction de la distance.

b Suivis de la colonie de hérons pourprés

La découverte fortuite des nids de hérons pourprés s'est faite à travers la cartographie de la roselière. Au total, 5 nids ont été géolocalisés. Malgré leur taille il est très difficile de les répertorier exhaustivement de cette manière. Sur 4 des 5 nids, la distance de découverte a été d'environ 2 m. Le 5ème à été détecté à environ 25 m grâce aux cris de jeunes encore présents. Cette méthode pourrait être efficace en pleine période de reproduction de l'espèce en s'appuyant sur l'écoute des cris. Toutefois, elle reste proscrite car provoquant énormément de dérangement pour cette espèce connue comme y étant très sensible.

La méthode de triangulation des relais donne des résultats plus probants avec 14 nids inventoriés dont 12

localisés par triangulation. Les deux nids non localisés correspondent à des axes orphelins, qui n'ont pas été croisés par d'autres. Il est possible de certifier la présence du nid mais pas de le localiser avec précision. Cette méthode est sans dérangement pour les couples. Elle permet de recenser plus de nids que la recherche en roselière, plus du double, pour moins de temps consacré. Toutefois, les éléments du paysage ne permettent pas une grande précision dans l'élaboration d'axes de triangulation. L'utilisation d'une boussole n'a pas été plus convaincante. Des relais sur nid sur un même axe ont plusieurs fois été observés dans un laps de temps réduit sans qu'il soit possible de dire s'il s'agit d'un seul nid ou de deux très rapprochés. De plus, les postes d'observations surplombant la roselière ne sont pas nombreux et il manque de l'ampleur d'angle dans le croisement des axes. L'idéal serait de déterminer 3 postes d'observation formant un angle de 90° entre les plus éloignés. Ceci serait réalisable en utilisant le toit d'un véhicule et en modifiant la position de l'observateur le long de la digue formant l'ouest du périmètre de l'étang.

Tableau 10 : Comparaison de l'efficacité des méthodes de recensement de la colonie de hérons pourprés « T » = coûts d'une demi journée de travail pour une personne.

	nids	temps (½ jr)	tarif (euros)
recherche	5	6	T
triangulation	14	4	T
survol	26	1	T+75

Le survol du site par la Tour du Valat en avion ou ULM fournit les résultats les plus fiables. Cette méthode permet de recenser **26 nids** de hérons pourprés (Yves Kayser, com. pers.). Réalisé tout les 2 ans, ce suivi est clairement le plus efficace pour le recensement des colonies de hérons pourprés (tableau 10).

Toutefois, la localisation de la colonie a été réalisée grâce aux deux premières méthodes. En effet, la Tour du Valat ne réalise de photographies que sur les grandes colonies comptant plusieurs dizaines de couples, ce qui n'est pas le cas sur le site d'étude.

c Points d'écoute et repasse

La mise en place de la méthode de points d'écoute et de repasse ne permet d'identifier que 7 mâles chanteurs de Blongios nain dont 6 cantonnés (entendus au moins deux fois sur un même secteur) sur les 9 territoires identifiés avec l'ajout de la cartographie systématique des contacts, hors protocoles spécifiques. La méthode des points d'écoute cumule seulement 21 contacts sur les 9 passages. Les conditions météo sont déterminantes dans la détection des chanteurs. Bien que distinctif, il reste très discret. L'espacement des points d'écoute est efficace seulement en cas de très bonnes conditions météorologiques.

Le nombre de contacts avec la Talève sultane est également faible, 19 sur l'ensemble des passages. En revanche, la cartographie systématique des contacts ne permet pas de découvrir de couples supplémentaires. La répartition est toutefois plus précise.

L'utilisation de la repasse semble utile puisque 52% des contacts de Blongios nain l'ont été après le début de la diffusion des chants. Le nombre de réponses après repasse augmente même à 63% des contacts chez la Talève sultane.

PARTIE 4 SYNTHÈSE

Des étendues de roseau commun sont connues sur le site depuis le début des années 60 en formations mixtes avec d'autres hélophytes. Un changement de gestion intervient au cours des années 70. L'activité des salines déclinant, l'étang du Bagnas est géré de manière à accueillir du gibier d'eau pour la chasse. L'adoucissement de l'eau est entrepris progressivement. Ces nouvelles conditions vont être favorables à l'installation durable de grandes étendues de roselières. L'expansion semble continue jusqu'aux années 80. Un épisode ponctuel de retour de la salinité viendra freiner la dynamique des phragmitaies, voire réduire une partie de la surface occupée jusqu'alors. Le classement du site en réserve, l'acquisition des terrains par le CDL et la restauration d'ouvrages hydrauliques permet de maîtriser en partie le niveau d'eau. Des incendies sont enregistrés presque annuellement concernent rarement de vastes surface, sauf en mai 2002 ou l'intégralité de la demi-lune à brûlé. Depuis les années 2000, les sources d'informations sont plus précises et mettent en lumière la complexité des dynamiques observables. Certains secteurs se dégradent alors que d'autres sont en pleine progression.

La gestion de l'eau et les conditions climatiques apparaissent comme les principaux éléments agissant directement ou indirectement sur la dynamique de la roselière. Le site est caractérisé par une salinité faible pour une ancienne lagune, décrite aujourd'hui comme mésohaline, en cours de dessalure. Depuis que la maîtrise de l'eau est possible, les conditions de gestion sont constantes d'une année sur l'autre. L'eau douce est déviée du canal du Midi en automne et en hiver pour remplir l'étang. Des niveaux d'eau hauts permettent de garantir une lame d'eau supposée suffisante en roselière pour le peuplement d'oiseaux nicheurs notamment. Au printemps et en été, le gestionnaire ne peut que fermer les ouvrages de sortie d'eau. Le canal du Midi est souvent trop bas pour être utilisé et les précipitations sont trop faibles pour être efficaces. De plus, le niveau du canal du Midi tend à diminuer au fil des années, surtout en été. En conséquence, les conditions abiotiques évoluent naturellement durant les saisons de printemps et d'été. Le suivi hydrologique des roselières montre peu de différence avec le suivi de référence (FILMED). La salinité y est moins forte mais l'évolution des paramètres mesurés est statistiquement identique à l'évolution de ceux mesurés sur l'étang. Les bases d'un modèle hydrologique en roselière sont donc disponibles. Le modèle montre que l'ensemble du niveau d'eau de l'étang a diminué de 1 cm par semaine entre avril et juillet 2014. Il montre également que les niveaux d'eau souhaités dans l'étang dans le cadre du plan de gestion sont assez peu favorables aux nicheurs en roselière. La majeure partie de la roselière est asséchée à partir de début juin. Le secteur GB6 et une partie du secteur GB5 montrent toutefois un

maintien en eau plus constant, jusqu' en juillet.

L'élaboration d'une typologie des massifs de roselières permet d'identifier 4 grands types de roselières (tableau 11). Les variables constituant principalement cette typologie sont les caractéristiques du sol, hauteur de vase et de litière et de structure de phragmitaie telles que la couverture végétale, les densités en tiges et leurs mensurations.

Tableau 11: Descriptif synthétique des massifs

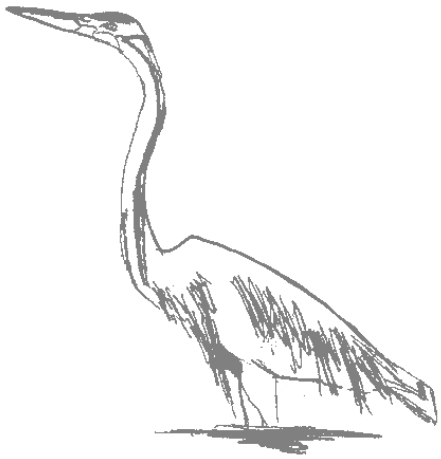
Type	Description
1	Roselière humide se régénérant faiblement, principalement des tiges sèches
2	Massif intermédiaire avec les autres. Ses caractéristiques chevauchent celles des autres.
3	Massif caractérisé par des tiges très hautes, très épaisses et des densités parmi les plus faibles.
4	Couverture végétale faible. Formé de touradons composés d'importantes densités en tiges vertes. Massif en dégradation

Tableau 12: Synthèse des éléments de reproduction du peuplement en roselière en 2014.

	Indice de reproduction	effectif (couple)	habitat Grand Bagnas	Localisation (secteurs)
Lusciniole à moustaches	certain	24-27	massifs ouverts et humides	1, 4, 5, 6, 8
Rousserolle turdoïde	certain	54-59	tiges hautes et épaisses, type [31 et 32]	ensemble du site (sauf GB7)
Rousserolle effarvatte	certain	127-130	ubiquiste, contrainte par R.turdoïde	ensemble du site (sauf GB7)
Panure à moustaches	certain	>18	faibles densités de tiges	4, 5, 8
Héron pourpré	certain	26	vieux massifs humides, type [11 et 12]	4, 5, 6
Blongios nain	probable	9	massifs ouverts, tiges hautes et épaisses	ensemble du site (sauf GB7)
Talève sultane	probable	2	massifs ouverts, tiges moyennes	4,5
Busard des roseaux	certain	1	inconnu	4
Butor étoilé	non reproducteur	0	absent	-
Bruant des roseaux	non reproducteur	0	absent	-

La modélisation spatiale des massifs s'avère très satisfaisante compte tenu de la pression d'échantillonnage. La cartographie permet de mettre en évidence l'hétérogénéité des roselières et de l'utiliser pour en affiner la gestion.

Le panel de méthodes de recensement de l'avifaune nicheuse permet d'affiner les connaissances (tableau 12). Toutes ne permettent pas d'acquérir des informations complètes sur les populations du site. L'étude ne couvre qu'une partie de la période de reproduction de la Lusciniole à moustaches et ne réussit pas à caractériser l'habitat de la Panure à moustaches. Enfin, le recul sur l'efficacité de la méthode de point d'écoute et repasse pour recenser la population de Talève sultane et de Blongios nain n'est pas assez important pour juger de son efficacité. Suite à la caractérisation de leurs habitats, une partie des exigences écologiques des nicheurs est comprise.



PARTIE 5 GESTION EN FAVEUR DE L'AVIFAUNE

A Dynamiser la roselière en GB4 et GB5

L'amélioration de l'accueil de l'avifaune peut passer par une optimisation de la gestion du niveau d'eau en roselière. Il est nécessaire de conserver une lame d'eau suffisante au printemps pour l'installation de la plupart des nicheurs. Cela implique toutefois qu'une partie des roselières sont rarement asséchées. En de telles conditions anoxiques, le roseau ne peut se renouveler et seules les tiges sèches persistent puis se dégradent. C'est le cas des roselières en GB5 et GB4 qui tendent à s'ouvrir et à se fragmenter de plus en plus en l'état actuel de la gestion. Cette gestion n'est pas durable pour les roselières (Sinassamy et Mauchamp, 2000 ; Poulin *et al.*, 2002 ; Poulin, 2010).

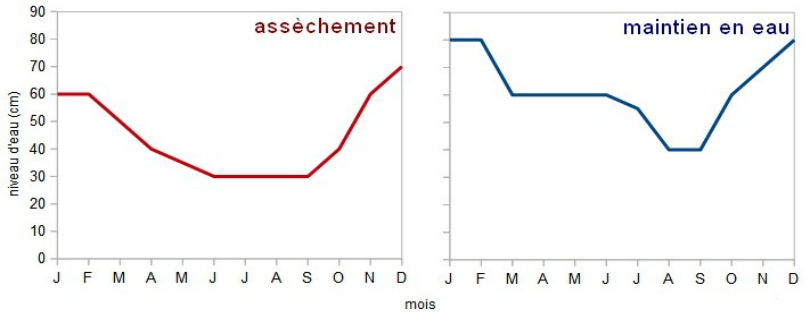
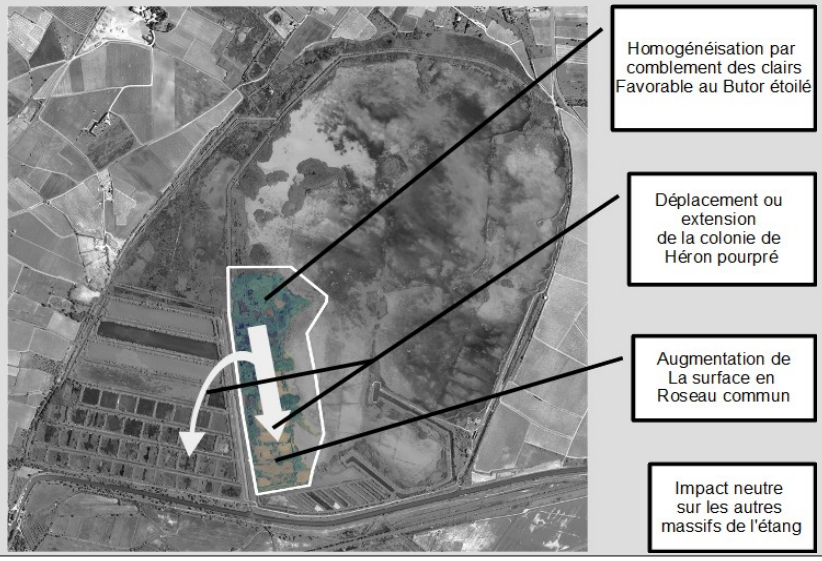
Plusieurs enjeux sont identifiés sur ces massifs :

- stopper la dégradation de la roselière en la dynamisant et garantir son maintien à long terme.
- conserver et favoriser les populations nicheuses existantes.
- améliorer la capacité d'accueil de l'avifaune en roselière.

Pour garantir la pérennité de la roselière à long terme tout en conservant voire en favorisant les populations nicheuses recensées, il est nécessaire de diversifier la gestion du niveau d'eau. Un assèchement estival complet des roselières tous les 5 ans est la solution la plus recommandée (Poulin, 2010). La courbe théorique du niveau d'eau est révisée dans ce sens en diversifiant l'évolution inter-annuelle des niveaux d'eau en roselière. Un tel assèchement favorise la minéralisation de la matière organique et la stabilité de la formation végétale. Le milieu étant saumâtre, une remise en eau conséquente doit suivre l'assec en automne (Poulin, 2012). Compte tenu de la topographie, les réponses des massifs seront toujours aussi diversifiées mais la surface d'habitat favorable devrait augmenter.

Les massifs ouverts devraient s'homogénéiser en faveur du Butor étoilé (Poulin *et al.*, 2009). La colonie de Héron pourpré n'est pas menacée par ces changements tant que le niveau d'eau minimal de 20 cm en avril est maintenu en roselière. La surface favorable à la colonie est même susceptible d'augmenter. Toutefois, il sera difficile de juger de l'efficacité de la gestion sur cette espèce compte tenu des fluctuations importantes et en grande partie dépendantes des conditions d'hivernage en Afrique (Barbraud et Hafner., 2001). La Talève sultane, le Blongios nain, la Lusciniole à moustaches et la Rousserolle turdoïde à moustaches se reproduisent sur ces secteurs. Les trois premières espèces citées exigent des massifs hétérogènes avec de nombreux clairs, comme montré dans cette étude. L'homogénéisation des secteurs actuellement légèrement ouverts (composés de clairs) leur est a priori défavorable. En revanche, cette homogénéisation se fera en parallèle à une restauration des espaces actuellement très fragmentés. Cette situation sera favorable au maintient de leurs populations. La roselière alternent entre des massifs ouverts à très fragmentés sur le site en 2014. Une transition vers une roselière alternant massifs homogènes et légèrement ouverts serait favorable à la reproduction de l'ensemble des espèces ciblées.

L'année d'assèchement sera en revanche assez pauvre en nicheurs puisque le caractère humide ne sera pas maintenu. De plus, la durée de l'assèchement est négativement corrélée aux disponibilités alimentaires des passereaux (Poulin *et al.*, 2002). Cette gestion touchera l'ensemble du peuplement. Mais, le maintien des conditions de gestion actuelles conduit déjà à des pertes de surfaces en roseaux. A moyen et à long terme cette proposition de gestion est favorable à l'avifaune reproductrice des roselières en général.

Gestion de la roselière en GB4 et GB5	
Objectif à long terme	Améliorer la capacité d'accueil de la roselière pour l'avifaune
État	Massifs ouverts à fragmentés / Majorité de tiges sèches / Structure en touradons
Évolution	Poursuite de la dégradation
Espèces actuelles	Héron pourpré / Talève sultane / Blongios nain / Lusciniole à moustaches / Rousserolle turdoïde / Rousserolle effarvatte / Panure à moustaches
Espèces ciblées	Idem + Butor étoilé
Objectifs de gestion	Garantir des niveaux d'eau suffisants au cours de la saison de reproduction Restaurer des secteurs de roselières fragmentées Maintenir une mosaïque de massifs
Description	*Assèchement régulier* Baisse importante et provoquée du niveau d'eau tous les 3 à 5 ans. *Rehausser les niveaux d'eau* Hors année d'assèchement, maintenir une lame d'eau d'au moins 20 cm en roselière.  Courbes théoriques de variation du niveau d'eau. L'assèchement des massifs est obtenu à partir de 30 cm de hauteur d'eau au point de référence GB5 « T ».
Calendrier	2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020
Coûts	Pas d'investissement en dehors du fonctionnement actuel
Avantages	Maintien d'une zone en phragmitaie Maintien de la diversité de massifs actuelle Amélioration des possibilités alimentaires
Inconvénients	Diminution des disponibilités alimentaires pour l'ensemble du peuplement l'année d'assèchement.
Résultats attendus	augmentation moyenne de la surface en roselière > 0,5 ha / an sur 10 ans augmentation du nombre de couples nicheurs, toutes espèces confondues Installation du Butor étoilé
Liens avec d'autres opérations	Gestion hydraulique du site | Suivis de l'avifaune | Suivis de la roselière
Carte de gestion	

B Différencier les habitats

1 Des prairies hygrophiles en demi-lune

Les roselières de la demi-lune apparaissent comme les moins attractives pour l'avifaune. Les enjeux ornithologiques y sont faibles, seules la Rousserolle effarvatte s'y reproduit en petit effectif. Les enjeux portent donc plus précisément sur l'évolution potentielle de ce secteur.

Le maintien d'une phragmitaie ne peut s'effectuer qu'à travers une remise en eau. Toutefois, les moyens pour y parvenir sont relativement complexes et coûteux. Il n'existe pas de communication hydrologique directe entre l'étang et la demi-lune. De plus, ce secteur est moins encaissé que l'étang et il est peu probable qu'une communication par simple gravité soit envisageable.

En l'absence de moyens technique pour maintenir le niveau d'eau sur ce secteur, il est probable que la roselière laisse place à d'autres formations végétales plus terrestres (mégaphorbiaie). Le vieillissement de la roselière se poursuivra par une colonisation par les ligneux. Ce dernier stade, boisé, n'est pas souhaitable dans le cadre de l'amélioration des capacités d'accueil de l'avifaune des roselières.

En revanche, il serait intéressant d'orienter cette transition vers des habitats fournissant des ressources alimentaires aux nicheurs, à défaut d'habitats strictement de reproduction. Le pâturage extensif est envisageable pour y parvenir. Cette pratique est peu compatible avec le maintien des roselières. Le roseau, riche en amidon, étant particulièrement appétant (Sinnassamy et Mauchamp, 2000). La gestion par pâturage permet de créer une mosaïque de micro-habitats favorable à la biodiversité. C'est aussi un frein à l'apparition de ligneux. Une pression trop élevée entraînera une régression de la roselière au profit probablement de formations prairiales dans le cas présent. Une pression plus faible maintiendrait plus longtemps la roselière mais modifiera sa structure et sa composition floristique. En arrivant à un équilibre entre roselière et autres formations végétales, en particulier les jonchaies, le Bruant des roseaux pourrait trouver des conditions propices à sa nidification (Le Bihan et Birard, 2004 ; Klein, 2010 ; Vera *et al*., 2011).

L'usage par l'avifaune devrait augmenter. Le pâturage extensif est à privilégier. Le choix de chevaux de Camargue s'impose naturellement par leur rusticité dans ce type d'habitat. Le retour d'expérience disponible indique un individu pour deux hectares. La surface de ce secteur est d'environ 4,5 ha. Pour assurer une pression de pâturage extensive, l'emploie de 2 à 3 chevaux maximum est requise.

Une variante de cette gestion consisterait à diviser le secteur en deux parties (est et ouest) et d'en laisser pâturer qu'une seule afin d'en étudier l'impact. En fonction des résultats, ce mode de gestion pourra être étendu à l'ensemble du secteur, ajusté ou modifié.

La période peut s'étendre d'avril à octobre en fonction des niveaux d'eau. En revanche, l'installation des nicheurs nécessiterait un arrêt du pâturage de début mai à fin août. En conséquence, un pâturage automnal est préconisé.

Diversification des habitats de la « demi-lune »	
Objectif à long terme	Améliorer la capacité d'accueil de la roselière pour l'avifaune
État | Évolution	Massifs vieillissants en cours d'atterrissement | Colonisation par des espèces végétales terrestres
Espèces actuelles	Rousserolle effarvatte
Espèces ciblées	Bruant des roseaux comme nicheur. Zone d'alimentation pour les Ardeidae et passereaux migrateurs
Objectifs de gestion	Diversifier les habitats Favoriser l'installation de l'habitat de reproduction du Bruant des roseaux
Description	*Pâturage extensif* Installation d'un cheptel de chevaux de Camargue Variante 1 : sur la totalité du secteur Variante 2 : sur une moitié seulement pour en évaluer l'impact
Calendrier	septembre à octobre en fonction des niveaux d'eau
Coûts	Cheptel : convention avec éleveur local / nécessité l'installation d'une clôture.
Avantages	Diversification des habitats Diversification des usages par l'avifaune (nouvelles zones d'alimentation) Facilité de mise en place. Ce type de gestion est déjà réalisé sur la réserve.
Inconvénients	Perte de surface en phragmitaie
Résultats attendus	Augmentation de la fréquentation de ce secteur par l'avifaune Augmentation de la surface en jonchaie, scirpaie Installation du Bruant des roseaux
Liens avec d'autres opérations	Suivis de l'avifaune | Suivis de la roselière |
Carte de gestion	

2 Complexe hygrophile en GB8

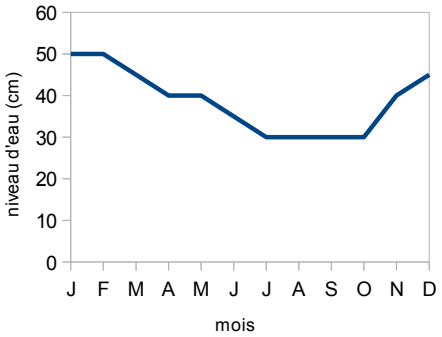
Les trajectoires évolutives des formations végétales du secteur GB8 sont très dynamiques. Le nord de ce secteur s'assèche très rapidement, c'est une des zones les plus salées en été. Le sud reste en connexion avec l'étang plus longtemps avec une eau douce à saumâtre. C'est cette dernière partie du secteur que la phragmitaie colonise depuis récemment. Sa surface tend à prendre de l'ampleur chaque année, au détriment des autres formations à hélophytes.

L'ensemble du peuplement nicheur se rencontre dans les phragmitaies de GB8 mais des preuves de nidification ne sont enregistrées que pour les passereaux (Lusciniole à moustaches, Rousserolle turdoïde, Rousserolle effarvatte et Panure à moustaches) en petits effectifs. Cette diversité en nicheurs s'explique par la diversité des massifs de roseaux (tous les types de massifs identifiés y sont présents). Les surfaces sont probablement trop faibles pour accueillir des espèces plus imposantes comme les Ardeidae ou la Talève sultane. Le 2nd atout de cette zone est son attractivité en tant que zone d'alimentation. Les hérons pourprés nicheurs viennent s'y alimenter en priorité par rapport aux autres secteurs de la réserve.

L’enjeu principal de se secteur est d'arriver à gérer le niveau d'eau selon des variations plus naturelles. Des possibilités techniques existent pour permettre d'isoler hydrologiquement le secteur GB8 du reste de l'étang. Toutefois, les moyens pour y parvenir nécessite d'étudier précisément les connexions hydrologiques actuelles et possibles. L'isolement de ce secteur par rapport au fluctuations du niveau d'eau de l'étang peu être coûteux. Pourtant, cela permettrait d'éviter les périodes d'assèchement quinquennale. Le maintien d'un niveau d'eau haut et constant permet de maintenir la phragmitaie à la surface actuellement occupée.

Des enjeux concernant l'accueil des migrateurs sont identifiés sur ce secteur. Les haltes migratoires des limicoles, Anatide et Ardeidae seraient également favorisées par cette gestion de l'eau.

Complexe hygrophile en GB8	
Objectif à long terme	Améliorer la capacité d'accueil de la roselière pour l'avifaune
État	Grande diversité de massifs.
Évolution	Colonisation par la phragmitaie. Simplification des communautés végétales.
Espèces actuelles	Nicheurs : passereaux | Alimentation : ensemble du peuplement nicheur
Fonctions ciblées	Principale : accueil des limicoles en haltes migratoires. Secondaire : zones d'alimentation et de reproduction pour le cortège des roselières.
Objectifs de gestion	Isoler le fonctionnement hydrologique Favoriser un complexe végétale hygrophile
Description	*Variations douces des niveaux d'eau*



Courbe théorique de variation du niveau d'eau. Point de référence GB8.

Calendrier	Tous les ans
Coûts	Difficile à estimer. Nécessite la restauration d'une partie du réseau hydraulique.
Avantages	Diversification des habitats Diversification des usages par l'avifaune (nouvelles zones d'alimentation) Zones de haltes migratoires conservées
Inconvénients	Arrêt de l'augmentation de la surface en roseau commun Coût possiblement élevé
Résultats attendus	Augmentation de la fréquentation de ce secteur par l'avifaune Augmentation de la surface en jonchaie, scirpaie Installation du Bruant des roseaux
Liens avec d'autres opérations	Suivis de l'avifaune | Suivis de la roselière |

Carte de gestion

C Suivi des roselières et son avifaune

1 Suivi de la roselière

- Poursuite des transects sur le modèle Rezo du Rozo. En complément, deux autres transects placés dans les secteurs dynamiques ou susceptibles de montrer des modifications importantes pourraient être réalisés. Les secteurs à suivre en priorité sont GB8 et les roselières fragmentées du sud de GB5 (figure 48). Ce suivi nécessiterait la mobilisation de deux personnes sur une journée. Il serait intéressant de mesurer la hauteur de litière dans chaque quadrat. Cette information donne des précisions importantes sur la dynamique de minéralisation.
- Suivi photographique aérien. Les rares photographies aériennes disponibles montrent un certain potentiel dans la détection des trajectoires évolutives des phragmitaies. C'est un moyen efficace dans le suivi des clairs au sein des massifs. Date : septembre | Calendrier : tous les 5 ans | Cadrage : vertical en ciblant GB6, GB4, GB5, GB8.
- Cartographie de la surface en *phragmites australis*, le plus régulièrement possible. Les campagnes d'othophotographies de l'IGN sont renouvelées tous les trois ans. Ce pas de temps permet de constater les grandes dynamiques de progression et régression de la roselière. La méthode nécessite ½ journée de terrain et ½ journée de SIG par une personne.
- Renouvellement de la carte des massifs dans 10-15ans. La méthode n'est pas renouvelable plus régulièrement. Elle peut toutefois être utilisée comme outil d'évaluation des mesures de gestion.

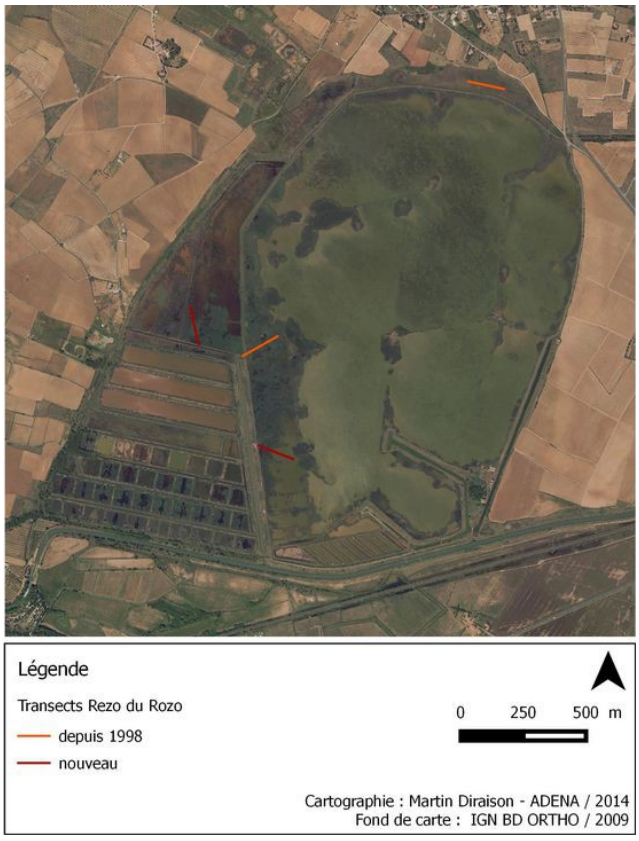


Figure 48: Localisation des nouveaux transects dans le cadre du suivi plus approfondi des roselières.

2 Suivi des nicheurs

La poursuite du suivi du peuplement reproducteur est tout à fait envisageable. Les méthodes mises en place au cours de l'étude permettent, pour une partie, d'avoir un recul suffisant sur leur efficacité.

Le cortège de passereaux se prête bien à l'utilisation de la cartographie des territoires. Compte tenu des différences phénologiques, l'ensemble de la période de reproduction du peuplement peut être couverte par six passages (tableau 13 et annexe XVI). Le suivi annuel des populations de passereaux n'est pas nécessaire. Une mise à jour des connaissances tous les 3 à 5 ans doit suffire pour apprécier les variations et surtout évaluer l'efficacité de la mise en œuvre des propositions de gestion. Il est préférable de recenser l'ensemble du peuplement en même temps. En revanche, la population de Lusciniole à moustaches doit être suivie en priorité dès la saison de reproduction prochaine à partir de la fin février jusque la fin mars 2015. La période d'étude n'ayant pas été la plus favorable, les effectifs sont susceptibles d'avoir été sous-estimés.

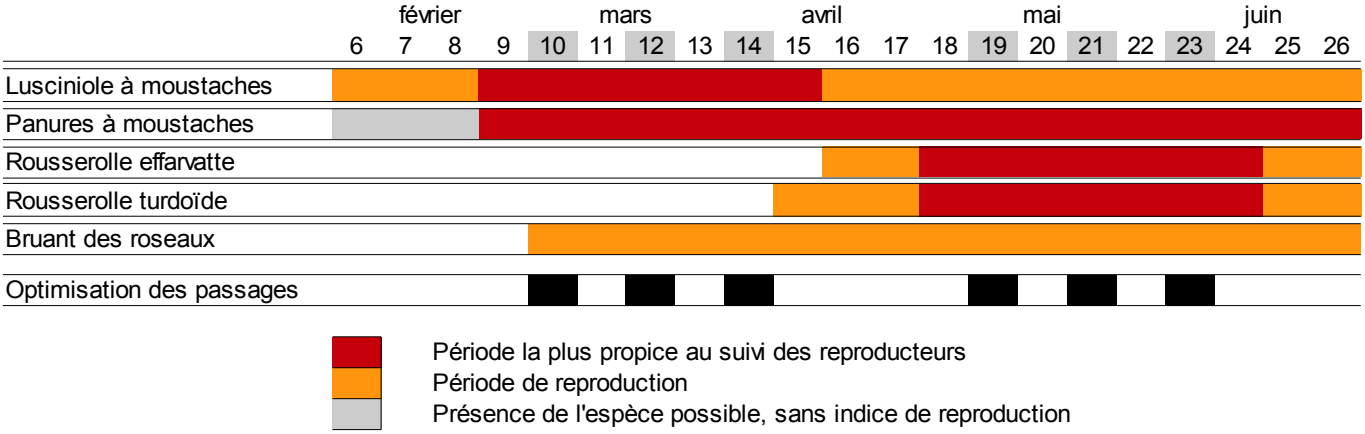


Tableau 13: Périodes à cibler pour optimiser le suivi des passereaux nicheurs.

Le suivi des effectifs de la colonie de Héron pourpré ne peut être plus efficace qu'avec le survol effectué par la Tour du Valat. Compte tenu des proposition de gestion, la colonie est susceptible de se décaler, voire de s'étendre dans l'espace. L'espèce étant un indicateur biologique fiable des massifs humides, un suivi photographique lors des survols permettrait d'évaluer les effets de la gestion des niveaux d'eau sur la population. La Tour du Valat réalise de telles photographies uniquement sur les colonies aux effectifs importants. Un partenariat autour de ce suivi est envisageable.

Les moyens de suivi des populations de Blongios nain et de Talève sultane ont été importants cette année dans le cadre de cette étude. La poursuite annuelle d'un tel suivi n'est pas envisageable par le gestionnaire. En revanche, la cartographie systématique des contacts doit devenir un réflexe, au moins pour ces deux espèces ainsi que pour le Butor étoilé. Cette technique ne demande pas d'investissement important, si ce n'est la compilation des données dans un SIG.

D Poursuite de l'étude des roselières

L'étude présentée est limitée dans le temps. Les résultats concernant le suivi hydrologique ne peuvent être extrapolés sur l'ensemble d'un cycle annuel. De plus, seule une partie du peuplement d'oiseaux nicheurs en roselière est ciblée. Pour la compléter, il serait nécessaire d'investiguer les autres espèces nicheuses (Anatidae, Râle d'eau, Gallinule poule-d'eau) ainsi que d'autres périodes de l'année comme les passages migratoires et l'hivernage. Le suivi de la migration des passereaux en roselière ne peut se faire qu'au moyen de techniques de capture. L'analyse des résultats des protocoles « séjour » et « voie » développés par le CRBPO[37] et mis en place depuis cette année sur le site pourrait fournir des informations intéressantes sur l'attractivité des massifs en période de migration. D'autres méthodes permettraient d'optimiser la compréhension de la migration en roselière. La technologie embarquée se miniaturisant, il est aujourd'hui possible d'équiper des passereaux d'émetteurs durant quelques jours. La triangulation des positions par des antennes de réception permettrait de répondre à plusieurs interrogations :

- Quels habitats /massifs sont privilégiés ?
- Combien de temps les individus stationnent ?
- Existe t-il un couloir de migration ?

La réponse à la dernière question permettrait également d'optimiser l'installation de la station de baguage en la plaçant en travers du couloir supposé (Bernard Chanchus, com. pers.). Les périodes de migration sont celles accueillant le plus d'espèces d'oiseaux et d'individus. En plus des espèces nicheuses sédentaires et migratrices, des populations ne nichant pas sur le site l'utilisent pour se déplacer et/ou s'alimenter. Leurs exigences écologiques sont susceptibles d'être différentes (Honza et Literak, 1997 ; Trnka et Prokop, 2006). Parmi ces espèces certaines sont des cibles de conservation, en particulier le Phragmite aquatique, *Acrocephalus paludicola* (Vieillot, 1817), la Rémiz penduline, *Remiz pendulinus* (L.) ou encore la Gorgebleue à miroir, *Luscinia svecica* (L.).

L'étude des ressources alimentaires apporterait également de nombreuses informations. Elles serviraient directement dans l'inventaire biologique de la réserve et indirectement dans l'évaluation des possibilités alimentaires pour les oiseaux. Des études sur les communautés piscicoles et d'invertébrés aquatiques du site seraient certainement d'une aide précieuse à la compréhension des exigences de l'avifaune.

37 Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'Oiseaux

PARTIE 6 DISCUSSION

A Le roseau, l'eau et l'Homme

Depuis qu'il est possible de retracer l'histoire du site, force est de constater que sa caractéristique principale est la variation des conditions environnementales. C'est l'Homme qui en est le principal acteur biologique. Sans sa présence, les écosystèmes présents seraient tout autres. Aujourd'hui, la répartition et l'état des massifs résulte des activités humaines principalement. Ces activités passées influencent encore le fonctionnement des roselières. Il en résulte cette mosaïque de massifs de roseaux dont les dynamiques d'évolution peuvent être très différentes.

Les roselières du Grand Bagnas sont intimement liées au fonctionnement hydrologique de l'étang. Les différents gestionnaires ont tous eu une influence sur cet habitat au cours de son histoire. Les plus grandes étendues sont situées à l'embouchure des canaux apportant l'eau douce du Canal du Midi et s'appuient sur les infrastructures relictuelles les plus hautes, datant de l'époque d'exploitation du sel. La micro-topographie conditionne les surfaces colonisables par le roseau en fonction du niveau d'eau.

Tous les impacts de la gestion de l'eau sur les roselières sont observables sur le site. Les massifs linéaires en bordure d'étang ont des dynamiques positives ou neutre en termes de surface, ils s'assèchent probablement tous les ans en été. La demi-lune permet de se rendre compte de l'effet de l'absence d'eau prolongée. Les massifs sont globalement homogènes et tendent à évoluer vers des habitats terrestres. C'est l'exemple le plus flagrant d'un atterrissement avancé et d'une transition annoncée vers des habitats plus terrestres. Le maintien des conditions actuelles devrait permettre l'installation de mégaphorbiaies.

A l'inverse, d'autres massifs conservent un caractère humide quasi-constant au cours de l'année. Le meilleur exemple de ce type de roselières est donné par le secteur GB6 et les roselières dans la partie nord du secteur GB5. Ces roselières sont constamment inondées. C'est l'état climacique de la roselière humide (Sinnassamy et Mauchamp, 2000). Si le roseau est connu pour montrer d'importantes amplitudes écologiques, un stress anoxique trop prolongé peut avoir des conséquences sur le maintien d'une roselière (Helling et Gallagher, 1992 ; Poulin, 2010). Ce n'est que depuis quelques années qu'un assèchement estival court est constaté, notamment dans les petits bassins du secteur GB6. En conséquence, les roselières présentes sont des massifs à tiges sèches de hauteur et épaisseur moyennes. La formation de touradons atteste d'un stress anoxique. Certains secteurs montrent même une roselière chétive en cours de dégradation avancée. Ces secteurs sont intéressants pour constater l'influence des conditions anoxiques prolongées sur des massifs de roseau. Cet habitat montre une forte productivité primaire. La décomposition de la matière organique est très vite ralentie en présence d'eau profonde (Poulin, 2012). La litière s'accumule et tend à limiter la productivité au bout de quelques années. Ce phénomène explique les densités en tiges sèches plutôt moyennes. Les touradons se forment par une augmentation du rapport biomasse aérienne/biomasse souterrain (Sinnassamy et Mauchamp, 2000). Des massifs peuvent s'effriter progressivement dans de telles conditions.

B Éléments d'écologie du peuplement d'oiseaux

La plupart des espèces ont montré que leur présence est en partie liée à la structure des roselières. La proportion de clairs au sein de la matrice de roseau est un élément important pour l'installation du Blongios nain, de la Talève sultane et de la Lusciniole à moustaches. Cette dernière est connue pour affectionner les roselières inondées, à litière épaisse (Sinnassamy et Mauchamp, 2000). Ces caractéristiques décrivent des conditions anoxiques qui tendent à ouvrir les massifs par la formation de touradons puis de clairs ou bien des massifs pionniers. C'est ce dernier paramètre qui est mis en évidence sur le site par une présence dans les zones avec beaucoup de clairs et une hauteur de litière importante. Les massifs pionniers ou en cours de dégradation sont plutôt favorables à l'espèce. Le même cas s'applique à la Talève sultane. Cette dernière affectionne les roselières humides au faciès hétérogène (Sanchez-Lafuente, 2010). La présence d'eau diminue la prédation des nids et la présence de clairs permet une facilité d'alimentation (Sanchez-Lafuente *et al.*, 1998). Elle peut aussi faire preuve d'une grande plasticité, certaines populations espagnoles ont décalé leur cycle sur celui des rizicultures pour bénéficier des zones en eau (Albert Bertolero, com. pers.). Seul le faciès hétérogène ressort de l'étude mais indique la présence de mares au sein de la roselière. L'effectif de deux couples limite toutefois la possibilité d'accumuler les données. Ces caractéristiques structurelles des massifs bénéficient également à l'installation d'une importante population de Blongios nain. Les nicheurs probables sont localisés dans des zones très ouvertes avec entre 43% et 85% de clairs. L'accès rapide à des ressources alimentaires explique cette préférence (Rufray, 2007). Tout à fait classiquement, la présence de la Rousserolle turdoïde est nettement liée aux types de massifs présentant des tiges hautes et épaisses, caractéristiques des roselières d'eau douce, elle en est un bon indicateur biologique. C'est un oiseau corpulent, ces conditions sont nécessaires à ses déplacements et à l'installation de son nid volumineux (Graveland, 1998 ; Poulin *et al.*, 2002). Enfin, les résultats concernant le Héron pourpré sont tout à fait conformes à la bibliographie (Barbraud *et al.*, 2002). La présence d'une lame d'eau d'au moins 20 cm en avril est déterminante pour l'installation des nicheurs. Les secteurs remplissant ces conditions sont occupés par l'espèce. La présence d'eau au cours de la saison de reproduction réduit là encore les risques de prédation terrestre. En revanche, La structure de la roselière dans son ensemble n'est pas favorable au Butor étoilé. L'étude montre que le site manque de surface de roselières homogènes et denses permettant à des nicheurs d'installer leur nid. Toutefois, le maintient d'une partie des massifs ouverts est indispensable à cette espèce. Ces secteurs sont utilisés comme zone d'alimentation (Polak, 2007 ; Provost, 2007 ; Poulin, 2012 ; beem). De la même manière, le Bruant des roseaux ne niche pas sur le site en l'absence de son habitat de reproduction. Pour favoriser cette espèce, des secteurs à la composition floristique diversifiée sont à privilégier (Vera et al., 2011).

Les autres espèces du peuplement ne montrent pas de dépendances aussi fortes aux caractéristiques structurelles de l'habitat. Les effectifs de la Rousserolle effarvatte sont conditionnés par la présence plus ou moins abondante de la Rousserolle turdoïde. En l'absence de cette dernière, les territoires sont distribués de manière régulière. Toutefois, certains secteurs semblent évités par les deux espèces sans qu'il soit possible d'en expliquer la raison. La Panure à moustaches ne montre pas non plus d'exigences franches dans les caractéristiques des massifs exceptée une tendance à fréquenter les massifs aux densités en tiges faibles. L'espèce serait plutôt dépendante des possibilités alimentaires (Poulin *et al.*, 2002), variables non-mesurées dans le cadre de cette étude. Dans ce cas, les caractéristiques à favoriser sont de fortes densités en panicules, ceux-ci servant d'habitat au groupe des arachnides

et fournissant des graines l'hiver. Une litière épaisse constitue également un refuge pour de nombreux arthropodes. Les mouvements et changements de densités d'individus entre massifs au cours du temps illustrent les variations de ressources alimentaires (Beemster *et al.*, 2010).

C RNN du Bagnas : atouts et responsabilités

L'évaluation patrimoniale du peuplement reproducteur montre que la réserve naturelle nationale du Bagnas justifie ici pleinement son rôle dans la conservation des espèces d'oiseaux qu'elles soient communes, remarquables ou menacées. Parmi les espèce recensées, les populations de quatre d'entre elles atteignent le critère numérique national de 1% des effectifs nationaux connus. Pourtant, par rapport aux plus de 38000 ha de phragmitaies recensées en France métropolitaine, la surface étudiée n'en représente que 0,15%. La mise en œuvre des outils de protection forte permet d'optimiser les conditions environnementales favorables aux oiseaux, même sur des sites de surface modeste. Le Blongios nain est parmi les espèces étudiées, la moins abondante en France. La population potentielle se reproduisant dans les roselières de la RNN du Bagnas représente pourtant plus de 10% de la population régionale. Ses effectifs sont en déclin et son statut de conservation est considéré comme défavorable. Le site porte donc une responsabilité remarquable vis-à-vis de cette espèce.

Le statut de réserve naturelle nationale permet d'écarter dès sa création une série de menaces pesant sur la préservation de l'avifaune des roselières :

1) Les menaces globales sur les milieux naturels évitées grâce à l'existence de la RNN.
   - Perte et fragmentation d'habitats
   - Développement d'espèces exotiques envahissantes
   - Artificialisation des sols
2) Les menaces présentes et potentielles contre lesquelles il est possible d'agir.
   - Maîtrise du niveau d'eau. La gestion de ce paramètre est cruciale pour le maintien en bon état des roselières pour une reproduction optimale des espèces.
   - Exploitation des ressources naturelles. Les activités de gestion directes sont connues pour modifier la structure des roselières et de manière générale a appauvrir la diversité du peuplement d'oiseaux nicheurs (Valkama *et al.*, 2007). Les fauches, les feux ou encore le pâturage peuvent être de sérieuses menaces quand ils ne sont pas maîtrisés.
   - Pression des mammifères. La présence de ragondins, rats musqués et sangliers est permanente sur le site. Ces espèces sont connues pour leurs capacités de destruction directe de la roselière et les nichées d'oiseaux. La dynamique des roselières peut être sérieusement freinée par le pâturage et/ou le piétinement (Sinnassamy et Mauchamp, 2000 ; Curet, 2007).
   - Le dérangement anthropique. Malgré un accès limité à l'intérieur du périmètre de la réserve, des infractions sont constatées régulièrement. Il est toutefois impossible de quantifier l'impact réel du dérangement humain sur les oiseaux. Cela s'applique également au personnel autorisé lors des missions du gestionnaire.
3) Des menaces globales contre lesquelles le gestionnaire ne peut pas agir.
   - Conditions d'hivernage et de migration hors site. Les fluctuations des populations du héron pourpré

sont très dépendantes des conditions d'hivernage en Afrique, notamment les niveaux de précipitation en automne (Den Held, 1981 *in* Tucker et Heath, 1994 ; Barbraud et Hafner, 2001).

- Les changements climatiques globaux. Ils sont susceptibles de modifier l'abondance et la répartition des communautés biologiques. Des prévisions à moyens termes montrent des changements potentiels importants des écosystèmes côtiers méditerranéens.
- Pollution et qualité de l'eau. Le processus d'eutrophisation de l'étang reste à se jour non résorbable par le seul gestionnaire. C'est un processus beaucoup plus global à l'échelle des bassins versants.
- La démoustication. L'EID entreprend des actions de démoustication sur la réserve. Malgré les efforts techniques pour garantir la préservation des écosystèmes, des recherches montrent que la pulvérisation de *Bti* modifie le réseau trophique au point de réduire le succès de reproduction des passereaux se reproduisant sur des sites traités (Poulin *et al.*, 2010). Sous couvert d'action de santé publique le gestionnaire ne peut s'y opposer.

D Limites et perspectives

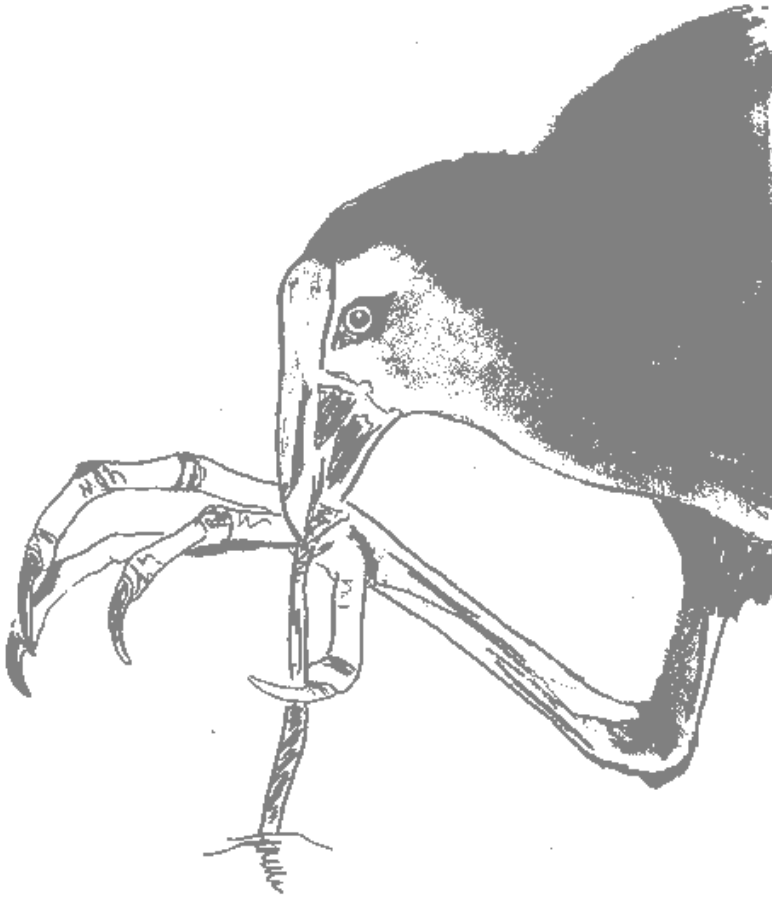
Les méthodes qui ont permis d'aboutir à ces résultats sont longues à réaliser, en particulier la cartographie des massifs. Il faut compter deux heures par hectare de roselière. Un tel effort n'est clairement pas abordable par l'ensemble des gestionnaires de roselières. En l'état actuel de l'expérience de cette méthode, les perspectives à développer seraient l'amélioration de son efficacité à travers la comparaison des résultats à ceux obtenus par des méthodes moins coûteuses. L'effet de la taille de grille sur la précision des cartographies serait également intéressant à investiguer. La photo-interprétation pourrait permettre d'obtenir une caractérisation cohérente de l'état des massifs de roselières vis-à-vis de l'avifaune (Daviaud, 2014). De plus, si la méthode permet de mettre en évidence l'hétérogénéité des roselières, elle ne sera pas efficace dans l'analyse d'éventuels changements à court terme car difficile à reproduire sur un pas de temps court. Dans ce cadre, la méthode des transects développée par le Rezo du Rozo est à privilégier.

Toutefois, la cartographie des massifs par échantillonnage régulier montre dans cette étude tout son potentiel dans la description des structures environnementales. La méthode permet d'éviter le biais de l'observateur dans le découpage des massifs. L'avantage réside également dans la variété de paramètres mesurables en fonction d'objectifs et de cibles diverses. Elle produit à la fois des cartographies précises, fiables par variable et des synthèses spatiales. Enfin, l'intérêt principal réside dans la possibilité de croiser les résultats avec d'autres données spatialisées comme c'est ici le cas avec le peuplement d'oiseaux nicheurs.

Les méthodes mises en place permettent de décrire des tendances dans les exigences d'habitats favorables ou défavorables aux espèces d'oiseaux nicheurs. Il est à la fois possible de dresser un portrait précis des habitats optimaux des espèces présentes et expliquer l'absence d'autres faisant pourtant partie intégrante du cortège de l'habitat. Dans la plupart des cas, une voire deux variables par espèce permettent d'expliquer une partie de leur présence sur le site. De nombreux autres paramètres environnementaux conditionnent cette avifaune et n'ont pas été mesurés dans le cadre de cette étude. En premier lieu les disponibilités alimentaires. Les espèces peu exigeantes dans la structure de l'habitat le sont peut-être moins dans leur alimentation. Cela peut également suggérer que pour certaines espèces la gestion directe des massifs est négligeable. De faibles densités en nicheurs dans un habitat

favorable peuvent être un indice d'une exigence inconnue et insatisfaite.

L'utilisation des outils cartographiques et géostatistiques dans le croisement des données biologiques donne ici des résultats précis et appréciables dans des objectifs de gestion des espaces naturels. Au fur et mesure de l'avancée des connaissances scientifiques les exigences des oiseaux sont de mieux en mieux connues. Le seul diagnostic de la roselière permet de comprendre la structure du peuplement d'oiseaux. Ce sont des organismes pouvant montrer d'importantes variations à différentes échelles spatiales et temporelles. Ce type de méthode peut permettre d'expliquer une grande partie de leur abondance. Elles peuvent mettre en évidence des phénomènes tout à fait locaux, comme des extinctions ou apparitions de populations, des fluctuations d'effectifs grâce à sa standardisation et fournir des informations concrètes et directement utilisables par des gestionnaires d'espaces naturels. L'étude réalisée fournit de tels éléments et participe à l'amélioration des connaissances ornithologiques paludicoles et à leur conservation.



BIBLIOGRAPHIE

Aleman, Y., 1996, La Talève sultane Porphyrio porphyrio, une nouvelle espèce nicheuse pour la France, Ornithos, 43, pp. 176-177

Aqua Conseils, 2013, Site du Bagnas – Etude hydraulique et de qualité d'eau : synthèse, Rapport n°1124-3, p.26

Association Climatologique de l'Hérault, 2011, Évolution du climat sur l'Hérault jusqu'en 2011 : Notes de synthèses, http:/08/h34.fr/changement-climatique/local (15.08.14)

Association de défense de l'environnement et de la nature des pays d'Agde, 2013, Plan de gestion 2012-2016 de la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas, p. 429

Baldi, A., 2006, Factors influencing occurrence of passerines in the reed archipelago of Lake Velence (Hungary), Acta Ornithologica, 41, 1, pp. 1-6

Baldi, A., 2004, Area requirements of passerine birds in the reed archipelago of lake Velence, Hungary, Acta Zoologica Academia Scientiarum Hungaricae, 50, 1, pp. 1-8

Baldi, A. et Kisbenedek, T., 1999, Reed-nesting passerine birds accross reed-bed edges : effects of spatial scale and edge type, Acta Zoologica Academia Scientiarum Hungaricae, 45, 2, pp. 97-114

Barbraud, C. et Hafner, H., 2001, Variation des effectifs nicheurs de hérons pourprés Ardea purpurea sur le littoral méditerranéen français en relation avec la pluviométrie sur les quartiers d'hivernage, Alauda, 69, pp. 373-80

Barbraud, C., Lepley, M., Mathevet, R. et Mauchamp, A., 2002, Reedbed selection and colony size of breeding Purple Herons Ardea purpurea in southern France

Barnagaud, J-Y., 2011, L'avifaune commune face aux changements anthropiques : comprendre les facteurs de vulnérabilité à travers la structure et les variations de la niche écologique, Thèse de doctorat en écologie, Université dOrléans, p. 460

Bavoux, C., Burneleau, G. et Bretagnolle, V., 2006, Gender determination in the western marsh harrier (Circus aeruginosus) using morphometrics and discriminant analysis, Journal of Raptor Research, 40, 1, pp. 57-64

Beemster, N., Troost, E. et Platteeuw, M., 2010, Early successional stages of Reed Phragmites australis vegetation and its importance for the Bearded Reedling Panurus biarmicus in Oostvaardersplassen, The Netherlands, Ardea, 98, 3, pp. 339-354

Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A. et Mustoe, S.H., 2000, Bird census techniques, 2nd edition, Academic Press, p. 302

Blanc,A., 2009, Réseau interrégional des gestionnaires de lagunes : Compilation et interprétation des suivis physico-chimiques des lagunes méditeranéennes, rapport de stage, AgroParisTech, p. 44

Blomqvist, D., Feßl, B., Hoi, H. et Kleindorfer, S., 2005, High frequency of extra-pair fertilisations in the moustached warbler, a songbird with a variable breeding system

Butchart, S. H. M., Matt Walpole, Ben Collen, Arco van Strien, Jörn P. W. Scharlemann et al., 2010, Global biodiversity : Indicators of recent declines, Sciences, 328, pp. 1164-1168

Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les construction publiques, 2011, Traitements géomatiques par carreaux pour l'observation des territoires, Éditions du Certu, p. 59

Chansigaud, V., 2007, Histoire de l'ornithologie, Delachaux et Niestlé, p.240

Chessel, D., Dufour, A.B., et Lobry, J.R., 2008, Dendrogrammes – tdr23, http://pbil.univ-lyon1.fr/R/fichestd/tdr23.pdf

Clair, E., 2010, Dynamique des roselières du réseau des Réserves Naturelles de France, Mémoire de Master, Université de Bourgogne, p. 24

Clément, D., 2013, La Talève sultane in Qainttenne G. et les coordinateurs espèces, Les Oiseaux nicheurs rares et menacés en France en 2012, Ornithos, 20-6, pp. 313-314

Collectif, 2006, Recueil d'expérience du programme LIFE Butor étoilé : biologie et gestion des habitats du Butor étoilé en France, LPO, p. 96

Cornillon, P-A., Guyader, A., Husson, F., Jégou, Josse, J., Kloareg, M., N., Matzner-Lober, E. et Rouvrière, L., 2012, Statistiques avec R – 3ème édition revue et augmentée, Presses Universitaires de Rennes, p. 296

Cowie, N.R., Sutherland, W.WJ., Ditlhogo, M.K.M. et James, R., 1992, The effects of conservation management of reed beds. II. The flora and litter disapearance, Journal of Applied Ecology, 29, pp. 277-284

Cramm, P., 2002, Les oiseaux nicheurs rares et menacés en France en 2000, Ornithos, 9, p. 238

Curet, L., 2007, Restauration de roselières : l'expérience de Printegarde, sur le Rhône, Faune Sauvage, 278, pp. 57-60

Daviaud, E., 2014, Evaluation des états de conservation d'habitats de reproduction d'oiseaux paludicoles patrimoniaux en roselières méditerranéennes. Application sur l'étang de Vendres, dans l'Hérault, rapport de stage M2 IEGB, CEN L-R, SMDA, p. 35

De Caceres, M. et Legendre, P., 2009, Associations between species and groups of sites : indices and statistical inference, Ecology, URL http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/

Despagne, W., 2006, Méthodes géostatistiques pour l'interpolation et la modélisation en 2D/3D des données spatiales, Mémoire, Université de Bretagne Sud, p. 68

Diefenbach, D.R., Brauning, D.W. et Mattice, J.A., 2003, Variability in grassland bird counts related to observer differences and species detection rates, The Auk, 120, 4, pp. 1168-1179

Diraison, M., 2013, Effets des changements d'usages sur la structure du paysage et le peuplement d'oiseaux. Exemple du Grand Falguérec, Réserve Naturelle de Séné, de 1970 à 2013, Ar Vran, in press

Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, 2014, Atlas des paysages du Languedoc-Roussillon, site internet, http://atlas.dreal-languedoc-roussillon.fr/atlas.asp (01/09/14)

Ditlhogo, M.K.M., James, R., Laurence, B.R. et Sutherland, W.J., 1992, The effects of conservation management of reed beds. I. The invertebrates, Journal of Applied Ecology, 29, pp. 265-276

Dray, S. et Dufour, A.B., 2007, The ade4 package : implementing the duality diagram for ecologists, Journal of Statistical Software, 22, 4, pp. 1-20

Dubois, Ph.J., Le Maréchal, P., Olioso, G. et Yésou, P., 2008, Nouvel inventaire des oiseaux de France, Delachaux et Niestlé, p. 560

Dugan, P.J., (ed.), 1990, Wetland Conservation : a Review of Current Issues and Required Action, IUCN, Gland, Switzerland, p. 96

European Environmental Agency, 2005, Vulnerability and adaptation to climate change in Europe, Technical Report n°7, Copenhague, p. 79

Feßl, B. et Hoi, H., 2000, Song complexity and song structure in the Moustached Warbler Acrocephalus melanopogon, Journal of Avian Biology, 31, pp. 144-150

Foucher, J., 2010, Etude de l'avifaune nicheuse de la roselière de Donges Est - Partie 1 : Résultats bruts et estimation des nicheurs (rapport préliminaire), Association ACROLA, p. 24

Géroudet, P., 1948, Les Echassiers, Delachaux et Niestlé, p. 253

Géroudet, P., 1998, Les passereaux d'Europe – Tome 2, Delachaux et Niestlé, p. 512

Géroudet, P., 2013, Les rapaces d'Europe-diurnes et nocturnes, Delachaux et Niestlé, p. 446

Graveland, J., 1998, Reed die-back, water level management and the decline of the Great Reed Warbler Acrocephalus arundinaceus in the Netherlands, Ardea, 86, pp. 187-201

Guillot, G., 2004, Introduction à la géostatistique, support de cours, Institut National Agronomique de Paris-Grignon, p. 35

Haslam, S.M., 1992, Phragmites australis Trin., Journal of Ecology, 60, pp. 585-610

Hawke, C.J. et Josè, P.V., 1996, Reedbed management for commercial et wildlife interests, RSPB, Sandy, UK

Helling, S.E. et Gallagher, J.L, 1992, The effects of salinity and flooding on Phragmites australis, Journal of Applied Ecology, 29, pp. 41-49

Hervé, M., 2014, RVAideMemoire : Diverse basic statistical and graphical functions, R package version 0,9-32, http://CRAN.R-project.org/package=RVAideMemoire

Honza, M. et Literak, I., 1997, Spatial distribution of four Acrocephalus warblers in reedbeds during the post-breeding migration, Ringing & Migration, 18, 2, pp. 79-83

Hunault, S., et Kerbiriou, E., 2007, Plan national de restauration du Butor étoilé 2008-2012, LPO, p. 110

International Bird Census Comittee, 1969, Recommendations for an international standard for a mapping method in bird census work, Bird Study, 16, pp. 249-255

Joly, d., Brossard, T., Cardot, H., Cavailhes, J., Hilal, M. et Wavresky, P., 2010, « Les types de climats en France, une construction spatiale », Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, document 501, mis en ligne le 18 juin 2010, consulté le 10 août 2014. URL : http://cybergeo.revues.org/23155 ; DOI : 10.4000/cybergeo.23155

Klein, A.C., 2010, Influence de la gestion pastorale et de la coupe sur la nidification des passereaux paludicoles dans les roselières de l'Estuaire de la Seine, Mémoire de l'Ecole Pratique des hautes Etudes

Kleindorfer, S., Fessl, B. et Hoi, H., 2003, The rôle of nest site cover for parental nest defence and fledging success in two Acrocephalus warblers, Avian Science, 3, pp. 1-9

Laget, F., Tondut, J-L. et Kelly, M.T., 2008, Climate trends in a specific mediterranean viticultural area between 1950 and 2006, Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 42, 3, pp. 113-123

Laurent, J.Y. et Rossi, J-P., 1997, Stratégies d'échantillonnage au champ. Détermination du nombre et de la disposition spatiale des points de prélèvements. P 43-52 in D. Rambaud (Ed.) L'échantillonnage. Du prélèvement à l'analyse. ORSTOM éditions, Paris

Le Barz, C., Michas, M. et Fouque, C., 2009, Les roselières en France métropolitaine : premier inventaire (1998-2008), faune sauvage, p. 13

Le Bihan, J. et Birard, C., 2004, Recueil d'expérience en matière de gestion de roselières, collection Expérimenter pour agir, Gestion des espaces naturels, agricoles et forestiers, PNR de France, Pôle-relais Zones humides intérieures, p. 134

Le Corre, S., 2002, Photographies aériennes : lecture et interprétations, support de cours, Université de Toulouse, p. 60

Marchant, J.H., 1983, BTO Common Bird Census Instructions, BTO, Tring, Herts, p. 12

Martinez-Vilalta, J., Bertolero, A., Bigas, D., Paquet, J-Y. et Martinez-Vilalta, A., 2002, Habitat selection of passerine birds nesting in the Ebro Delta reedbeds (NE Spain) : Management implications, Wetlands, 22,2, pp. 318-325

Mathevet, R., 1999, Les mesures agri-environnementales relatives à l'exploitation des roselières du delta du Rhône, Méditerranée, 4, pp. 35-39

Mauchamp, A. et Yavercovski, N, 2002, Caractérisation des roselières méditerranéennes. Bilan de 4 années de suivis – 1997-2000, Tour du Valat, p. 92

Mauchamp, A., 2002, Protocole de suivi des roselières méditerranéennes, Tour du Valat, p.8

Méridionalis, 2003, Liste rouge des oiseaux nicheurs en Lnguedoc-Roussillon au cours des 20 dernières années, p. 6

Moskat, C. et Baldi, A., 1999, The importance of edge effect in line transect census applied in marshland habitats, Ornis Fennica, 76, pp. 33-40

Ostendorp, W., 1989, 'Die-back' of reeds in Europe – a criticial review of literature, Aquatic Botany, 35, pp. 5-26

Paracuellos, M., 2006, Relationships of songbird occupation with habitat configuration and bird abundance in patchy reed beds, Ardea,94, 1, pp. 87-98

Pardo-Cervera, F., Sorensen, I., Jensen, C., Ruiz, X, et Sanchez-ALonso, C., 2010, Breeding biology of the Little Bittern Ixobrychus minutus in thr Ebro Delta (NE Spain), Ardeola, 57, 2, pp. 407-416

Polak, M., 2007, Nest-site selection an nest predation in the Great Bittern *Botaurus stellaris* population in eastern Poland, Ardea, 95, 1, pp. 31-38

Poulin, B. et Lefebvre, G., 2003, Optimal sampling of booming Bitterns, Botaurus stellaris, Ornis Fennica, 80, pp. 11-20

Poulin, B., Lefebvre, G. et Paz, L., 2010, Red flag for green spray : adverse trophic effects of Bti on breeding birds, Journal of Applied Ecology, 47, 4, pp. 884-889

Poulin, B., 2002, Effect of winter cutting on the passerine breeding assemblage in French Mediterranean reedbeds, Biodiversity and Conservation, 11, pp.1567-1581

Poulin, B., 2010, Formation diagnostic des roselières, Plan national d'action du Butor étoilé, Tour du Valat, p. 109

Poulin, B., 2012, Formation sur l'analyse des données des diagnostics environnementaux conduits en 2010-2011 dans le cadre du PNA Butor étoilé, Présentation, Tour du Valat, p. 94

Poulin, B., Lefebvre, A. et Mathevet, R., 2005, Habitat selection by booming bitterns Botaurus stellaris in Fench Mediterranean reed-beds, Oryx, 39, 3, pp.265-274

Poulin, B., Lefebvre, A. et Mauchamp, A., 2002, Habitat requirements of passerines and reedbed management in southern France, Biological Conservation, 107, 3, pp. 315-325

Poulin, B., Lefebvre, G. et Metref, S., 2000, Spatial distribution of nesting and foraging sites of two Acrocephalus warblers in a Mediterranean reedbed, Acta Ornithologica, 35, 1, pp. 117-121

Poulin, B., Lefebvre, G., Allard, S. et Mathevet, R., 2009, Reed harvest and summer drawdown enhance bittern habitat in the Camargue, Biological Conservation, 142, pp. 689-695

Provost, P., 2007, Sélection de l'habitat et comportement chez le Butor étoilé (Botaurus stellaris), Mémoire de l'Ecole Pratique des hautes Etudes, Paris, France, p. 123

Puglisi, L. et Bretagnolle, V, 2005, Breeding Biology of the Great Bittern, Waterbirds, 28, 3, pp. 392-398

QGIS Development Team, 2014, QGIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation Project, http://qgis.osgeo.org

R Core Team, 2013, R : A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, http://www.R-project.org/

Rakotomalala, R., 2005, Arbres de décisions, Modulad, 33, p. 25

Réseau de Suivi Lagunaire, 2012, Étang du Grand Bagnas, http://rsl.cepralmar.com/telecharger.html (15.08.2014)

Réserve Naturelle de France, 2004, Guide pratique, Principales méthodes d'inventaire et de suivi de la biodiversité, p. 263

Rufray, X. (coord.), 2007, Caractérisation des exigences écologiques du Blongios nain, Ixobrychus minutus, sur la réserve de l'Estagnol, CEN-LR, p. 36

Sala, O.E., Chapin III, S.C., Armesto, J.J, Berlow, E., Bloomefield, J. et al., 2000, Global biodiversity scenarios for the year 2100, Science, 287, pp. 1770-1774

Sanchez-Lafuente, A.M., 2010, Calamon comun – Porphyrio porphyrio. In Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Espanoles, Salvador,A., Bautista, L.M., Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, p. 15

Sanchez-Lafuente, A.M., Alcantara, J.M., et Romero, M., 1998, Nest-site selection and nest predation in the Purple Swamphen, Journal of Field Ornithology, 69, 4, pp. 563-576

Schmid, H., Zbinden, N. et Keller, V., 2004, Surveillance de l'évolution des effectifs des oiseaux nicheurs répandus en Suisse. Station ornithologique suisse, Sempach.

Self, M., 2005, A review of management for fish and bitterns , Botaurus stellaris , in wetland reserves, Fisheries Management and Ecology, 12, pp. 387-394

Sinnassamy, J.M., et Mauchamp, A., 2000, Roselières : gestion fonctionnelle et patrimoniale. ATEN edit., Fondation EDF, Réserves Naturelles de France et Station Biologique de la Tour du Valat publ., Cahiers Techniques n° 63, p. 96

Sternalski, A., Mougeot, F. et Bretagnolle, V., 2011, Adaptative significance of permanent female mimicry in a bird of prey, Biology Letters, doi:10.1098/rsbl.2011.0914

Sutherland, W.J., Newton, I. et Green, R.E., 2004, Bird ecology and conservation, a handbook of techniques, Oxford University Press, p. 386

Thibault, M. et Sinnassamy, JM, 1999, Réseau du Rozo, résultats de l'enquête, Réserves Naturelles de France, p. 27

Trnka, A. et Prokop, P., 2006, Reedbed structure and habitat preference of reed passerines during the post-breeding period, Biologia, Bratislava, 61, 2, pp. 225-230

Trnka, A., Szinai, P. et Hosek, V., 2006, Daytime activity of reed passerine birds based on mist-netting, Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 52, 4, pp.417-425

Tucker, G.M. et Evans, M.I., 1997, Habitats for Birds in Europe : A Conservation Strategy for wider Environnement, BirdLife Conservation Series, 6, Cambridge, UK, p. 464

Tucker, G.M. et Heath, M.F., 1994, Birds in Europe : their conservation status, Cambridge, U.K. : BirdLife International, p. 600

UICN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2011, La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France, p. 28

Valkama, E., Lyytinen, J. et Koricheva, J., 2007, The impact of reed management on wildlife : a meta-analytic review of European studies, Biological conservation, 141, pp. 364-374

Van der Putten, W.H., 1997, Die-back of Phragmites australis in European wetlands : an overview of the European Research Programme on Reed Die-back and Progression (1993-1994), Aquatice Botany, 59, pp. 263-275

Vera, P., Belda, E.J., Kvist, L., Encabo, S.I. et Monros, J.S., 2011, Habitat preference of endangered Eastern Iberian Reed Buntings Emberiza schoeniclus witherbyi, Bird Study, 58, 3, pp. 238-247

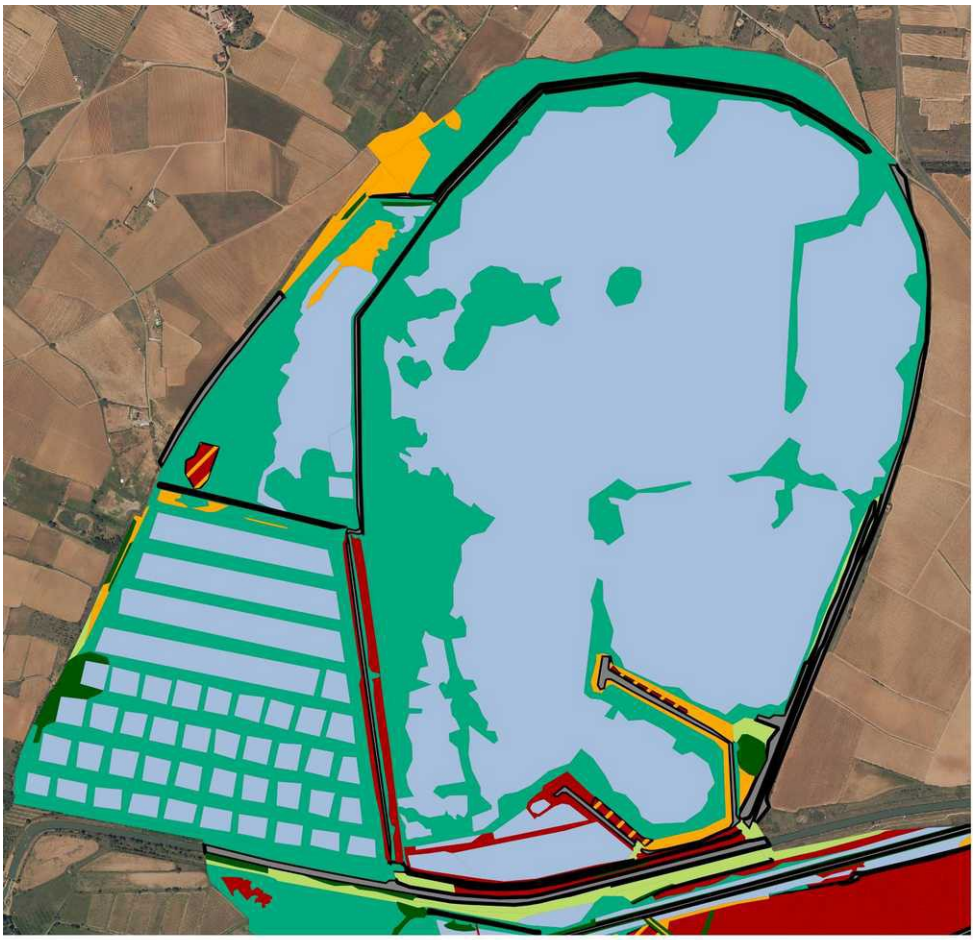
Vera, P., Marin, M., Belda, E.J. et Monros, J.S., 2009, Estructura y composicion del nido del Escribano Palustre Iberoriental Emberiza schoeniclus witherbyi, Revista Catalan d'Ornithologia, 25, pp. 43-48

Yahner, R.H., 2012, Spacing mechanisms in Yahner, R.H., Wildlife behaviour and conservation, Springer-Verlag New York Inc., pp. 83-93

ANNEXES

Annexe I : Périmètres de la RNN du Bagnas et des terrains Natura 2000

Annexe II : Cartographie des habitats naturels du Grand Bagnas



Légende

Habitats

- Dunes et plage
- Eaux douces à saumâtres et végétation aquatique
- Pelouses, prairies et friches post-culturales
- Prés salés
- Ripisylves, haies et îlots boisés
- Sansouïres
- Sansouïres et prés salés
- Végétation de ceinture des bords des eaux
- Zones artificialisées

0 150 300 m

Cartographie : Milène FIlleux - ADENA / 2011
Fond de carte : IGN BD ORTHO / 2009

Annexe III : Détails des mesures de variables en roselière

variable	méthode de mesure	action
turbidité	disque de Secchi	profondeur à laquelle le disque disparaît. A réaliser en zone d'eau libre. (en cm)
salinité en surface	prélèvement pilulier	effectuer un prélèvement d'eau claire. Mesure ultérieure avec malette hydro et conductimètre
salinité souterraine	données suivi FILMED	utilisation des données du suivi hydro RNN
portance du sol	poids de 500 grs	mesure de l'enfoncement du poids (en cm)
proportion trouées/clairs	cartographie	analyse par SIG (en % par maille de 50*50 m)
surface en roseau	cartographie	analyse par SIG (en % par maille de 50*50 m)
surface en ligneux	cartographie	analyse par SIG (en % par maille de 50*50 m)
longueur en lisière/interface	cartographie	analyse par SIG (en m par maille de 50*50m)
hauteur de vase	tige métallique graduée	enfoncer la tige jusqu'à atteindre le substrat. Relever la hauteur. (en cm)
épaisseur litière	décimètre	évaluer l'épaisseur de la litière au toucher puis la mesurer. (en cm)
niveau d'eau en touradons	Décimètre (5 mesures)	mesurer la hauteur d'eau en touradons de roseaux. Puis utiliser la moyenne des valeurs. (en cm)
niveau d'eau en eau libre	Décimètre (5 mesures)	mesurer la hauteur d'eau en zone d'absence de roseaux. Puis utiliser la moyenne des valeurs. (en cm)
diversité floristique	recouvrement (estimation)	évaluer le % de recouvrement par espèce
hauteur roseau	quadrat 0,25 m² (12 mesures)	mesurer la hauteur des 3 roseaux secs dans chaque coin. Puis utiliser la moyenne des 12 valeurs. (en cm)
diamètre roseau	quadrat 0,25 m² (12 mesures)	mesurer le dimaètre des 3 roseaux secs dans chaque coin. Puis utiliser la moyenne des 12 valeurs. (en cm)
densité tiges vertes	quadrat 0,25 m²	compter le nombre de tiges vertes dans le quadrat
densité tiges sèches	quadrat 0,25 m²	compter le nombre de tiges sèches dans le quadrat
densité panicules	quadrat 0,25 m²	compter le nombre de tiges sèches avec panicule dans le quadrat
densité inflorescence	quadrat 0,25 m²	compter le nombre de tiges sèches avec inflorescence dans le quadrat

Annexe IV-a : Méthode détaillée de modélisation spatiale des massifs de roselière

Classification des échantillons

La méthode est réalisée à partir du logiciel R et des packages (ade4)et (RVAideMémoire).

1) table contenant les champs des variables d'intérêt (var_roseliere.csv)

```
#importer la table
tab<-
read.table("var_roseliere.csv",header=T,sep=",",dec=",",row.n
ames=1)
```

2) ACP

```
#matrice des corrélations
tabscale<-scale(tab,center=TRUE,scale=TRUE)
cortabscale<-cor(tabscale)
cortabscale
#exporter ficher matrice de corrélation
write.csv(cortabscale,file="matcor_tabscale.csv")
#ACP
acp<-dudi.pca(tab)
#selection nombre d'axes
2
summary(acp)
#corrélations entre variables
score(acp,xax=1)
#diagnostic ACP
inertia.dudi(acp,col.inertia=T)
#représenter les individus et variables dans un plan factoriel
s.label(acp$li,xax=1,yax=2)
scatter(acp,xax=1,yax=2,clab.row=0,clab.col=0.5,posieig="bott
om")
#cercle des corrélation
s.corcircle(acp$co,clabel=0.7)
```

3) CAH

```
#CAH sur ACP
dcah<-dist.dudi(acp,amongrow=T)
round(dcah,1)
cah<-hclust(dcah^2,method="ward")
barplot(cah$height[order(cah$height,decreasing=TRUE)])
#aide à la découpe en classes
dendro.gp(cah)
plot(cah,hang=-1,cex=0.1)
rect.hclust(cah,h=500)
cutree500<-cutree(cah,h=500)
#représentation des individus par classes dans un plan
s.label(acp$li)
s.class(dfxy=acp$li,fac=as.factor(cutree(cah,h=500)),col=c("d
arkred","darkgreen","blue","black","darkviolet"))
#exporter les classes
matcutree500<-as.data.frame(cutree500)
write.csv(matcutree500,file="mat_cutree500.csv")
```

Annexe IV-b : Méthode détaillée de modélisation spatiale des massifs de roselière

Interpolation spatiale

La méthode est réalisée à partir du logiciel QGIS 2.2.0-Valmiera

1) table (carto_roseliere.csv) contenant les champs suivants :

- coordonnées X
- coordonnées Y
- n° d'échantillon
- n° de massif (attribut « nombre réel »), obtenus par la méthode précédente

2) importer le fichier comme couche de texte délimité. Renseigner les champs X et Y

3) Enregistrer le fichier en shapefile (carto_roseliere.shp)

4) Raster d'interpolation : Raster > Analyse > Grille (interpolation)

- Fichier source = fichier carto_roseliere.shp
- champ Z = champ n° de massif
- Fichier en sortie = carto_roseliere_ppv
- algorithme = plus proche voisin
- Rayon 1 = 0 ; Rayon 2 = 0 ; Angle = 0 ; Sans donnée = 0
- Emprise = emprise de la surface à interpoler

5) Polygoniser le raster : Raster > conversion > polygoniser

- Fichier source = carto_roseliere_ppv
- Répertoire de sortie = carto_roseliere_polyg
- Nom du champ = DN

6) Découper en fonction des limites du site : Vecteur > géotraitement > Découper

- couche vectorielle de saisie = carto_roseliere_polyg
- couche de découpage = contours_roseliere

La couche de découpage doit être la plus simple possible (minimum de polygones)

- Fichier de sortie = carto_roseliere_massifs.shp

Annexe V: Codification des indices de nidification

A) Nidification possible :

01 – oiseau vu en période de nidification dans un milieu favorable

02 – mâle chantant en période de reproduction

B) Nidification probable :

03 – couple en période de reproduction, chant du mâle répété sur un même site

04 – territoire occupé

05 – parades nuptiales

06 – sites de nids fréquentés

07 – comportements et cris d'alarme

08 – présence de plaques incubatrices sur un oiseau tenu en main

C) Nidification certaine :

09 – construction et aménagement d'un nid ou d'une cavité

10 – adulte simulant une blessure ou cherchant à détourner un intrus

11 – découverte d'un nid vide ou de coquilles d'oeufs

12 – juvéniles non volants

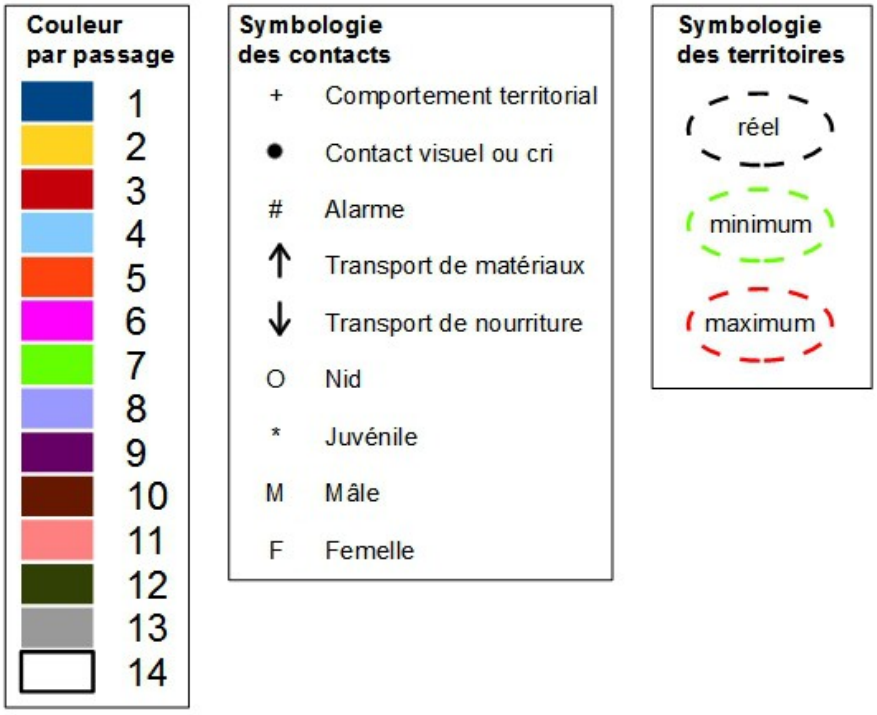
13 – nid fréquenté inaccessible

14 – transport de nourriture ou de sacs fécaux

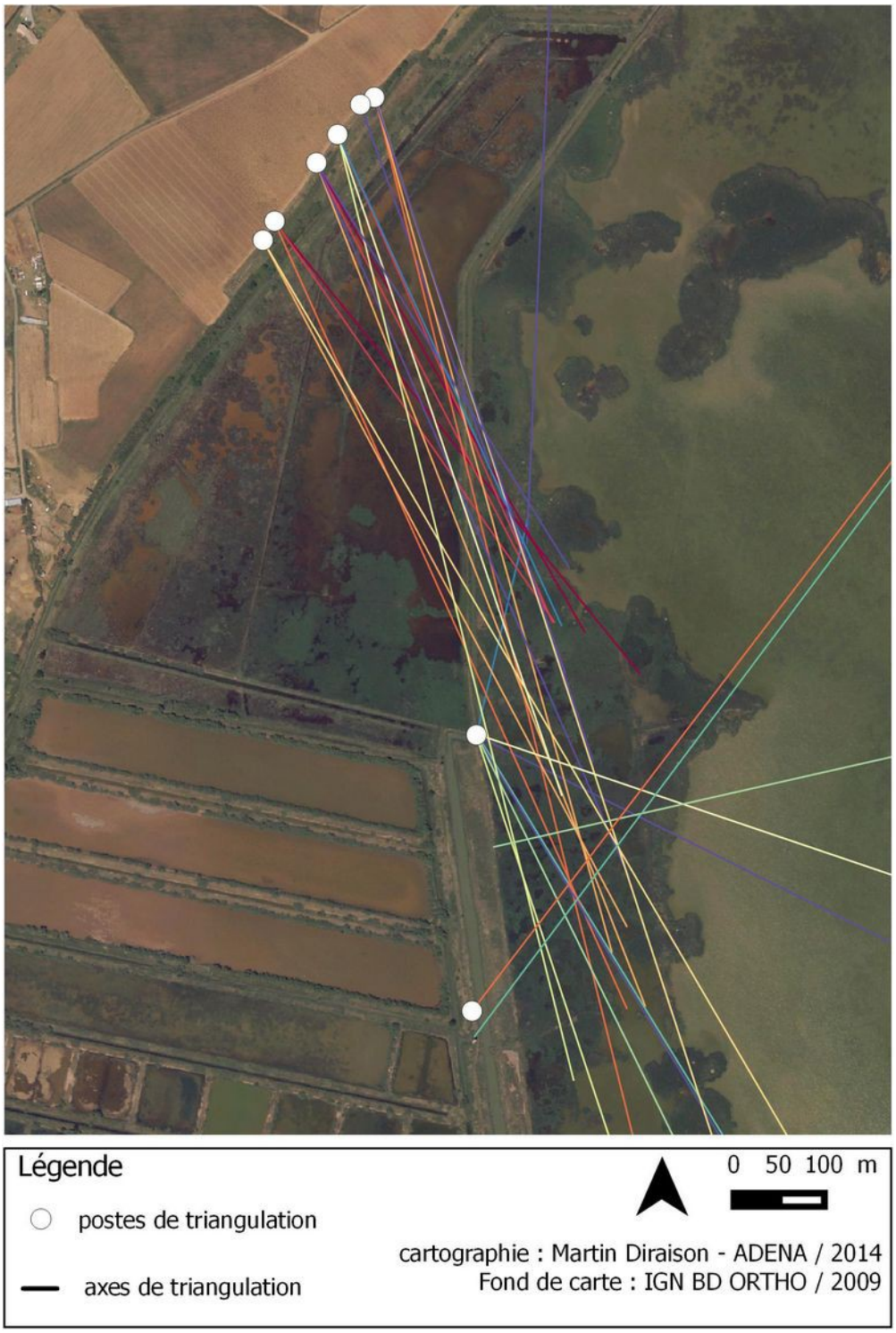
15 – nid garni (oeufs)

16 – nid garni (poussins)

Annexe VI: Symbologie et codification des contacts de cartographie des territoires



Annexe VII : Résultats des sessions de triangulation des relais de hérons pourprés. Les axes de même couleurs correspondent à un même nid.



Annexe VIII : Suivi hydrologique en roselière. Résultats des tests de corrélations et de régressions

régression linéaire					
point	**dl**	**gb2**	**gb8**	**mgb5**	**tgb5**
1	NS	0,90*	0,88*	NS	**0,97****
2	NS	NS	NS	NS	**0,93***
3	NS	0,67*	NS	NS	**0,86****
4	NS	NS	0,94*	NS	**0,90***
5	NS	NS	NS	NS	**0,93°**
6	NS	NS	NS	NS	**0,83°**
7	DD	DD	DD	DD	DD
8	NS	0,86**	0,86**	NS	**0,96*****
10	DD	DD	DD	DD	DD
11	NS	0,90*	0,90*	NS	**0,97****
12	NS	NS	NS	NS	0,88°
13	NS	NS	NS	NS	**0,99****
14	NS	NS	NS	NS	**0,96***
15	NS	0,74*	0,81*	NS	**0,92****
16	NS	0,75*	**0,93****	NS	0,97***
17	NS	NS	NS	NS	**0,99****
18	NS	NS	NS	NS	NS
19	NS	NS	0,93*	NS	**0,95***
20	NS	NS	NS	NS	**0,99****
21	NS	0,93**	**0,82***	NS	0,82*
22	NS	NS	NS	NS	NS
23	NS	NS	NS	NS	NS
24	NS	**0,88***	0,78*	NS	0,86*
25	0,99*	NS	NS	NS	NS
102	NS	0,83**	0,75*	NS	**0,85*****
103	NS	0,67*	0,71*	NS	**0,88*****
104	NS	0,79*	0,79*	NS	**0,92****
105	NS	0,75*	0,76*	NS	**0,88*****
106	NS	0,87**	0,82**	NS	**0,93*****
107	NS	0,79**	0,81**	NS	**0,91*****
108	NS	0,70*	0,67*	NS	**0,86*****
109	NS	0,77*	0,83*	NS	**0,94*****
110	NS	0,77*	0,78*	NS	**0,93*****
201	NS	0,72*	0,90**	NS	**0,87*****
202	NS	0,86**	0,88**	NS	**0,95*****
203	NS	0,86**	0,88**	NS	**0,95*****
204	NS	0,81**	0,86**	0,62*	**0,93*****
205	NS	0,87**	0,92***	0,60*	**0,98*****
206	NS	0,93***	0,92***	0,58*	**0,95*****
207	NS	0,82**	0,76*	NS	**0,89*****
208	NS	0,89**	0,86**	0,58*	**0,95*****
209	NS	0,87**	0,87**	NS	**0,96*****
210	NS	0,83**	0,80**	NS	**0,91*****
304	NS	0,87**	0,92***	0,58*	**0,98*****
305	NS	0,82*	0,86**	NS	**0,97*****
308	NS	0,63°	0,75*	NS	**0,85*****
310	NS	0,84*	0,86*	NS	**0,97****

corrélation de Spearman					
point	**dl**	**gb2**	**gb8**	**mgb5**	**tgb5**
1	NS	NS	NS	NS	**0,97****
2	NS	NS	NS	NS	**0,94°**
3	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
4	NS	NS	NS	NS	**0,94°**
5	NS	NS	NS	NS	NS
6	NS	NS	NS	NS	NS
7	DD	DD	DD	DD	DD
8	NS	0,83*	0,85*	NS	**0,95*****
10	DD	DD	DD	DD	DD
11	NS	0,92*	0,97**	NS	**1*****
12	NS	NS	NS	NS	**0,94°**
13	NS	NS	NS	NS	NS
14	NS	NS	NS	NS	**0,95°**
15	NS	NS	NS	NS	**0,92****
16	NS	0,97**	**1***	NS	0,97**
17	NS	NS	NS	NS	**1*****
18	NS	NS	NS	NS	NS
19	NS	NS	NS	NS	**0,95°**
20	NS	NS	NS	NS	**0,95°**
21	NS	0,97**	**1***	NS	0,97**
22	NS	NS	NS	NS	NS
23	NS	NS	NS	NS	NS
24	NS	0,82°	NS	NS	**0,97****
25	NS	NS	NS	NS	NS
102	NS	0,84*	0,85*	NS	**0,94****
103	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
104	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
105	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
106	NS	0,90**	0,92**	0,78*	**0,99*****
107	NS	0,90**	0,93**	0,78*	**0,99*****
108	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
109	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
110	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
201	NS	0,81*	NS	NS	**0,92****
202	NS	0,95***	0,96**	0,85*	**0,99*****
203	NS	0,95***	0,96**	0,85*	**0,99*****
204	NS	0,95***	0,96**	0,85*	**0,99*****
205	NS	0,90**	0,92**	0,78*	**0,99*****
206	NS	0,95***	0,96**	0,85*	**0,99*****
207	NS	0,90**	0,92**	0,78*	**0,99*****
208	NS	0,90**	0,93**	0,78*	**0,99*****
209	NS	0,93**	0,95***	0,82*	**1*****
210	NS	0,93**	0,95***	0,83*	**1*****
304	NS	0,93**	0,95***	0,83*	**1*****
305	NS	0,84*	0,88*	NS	**0,98*****
308	NS	0,92**	0,94*	NS	**0,98*****
310	NS	0,82°	0,9°	NS	**0,97****

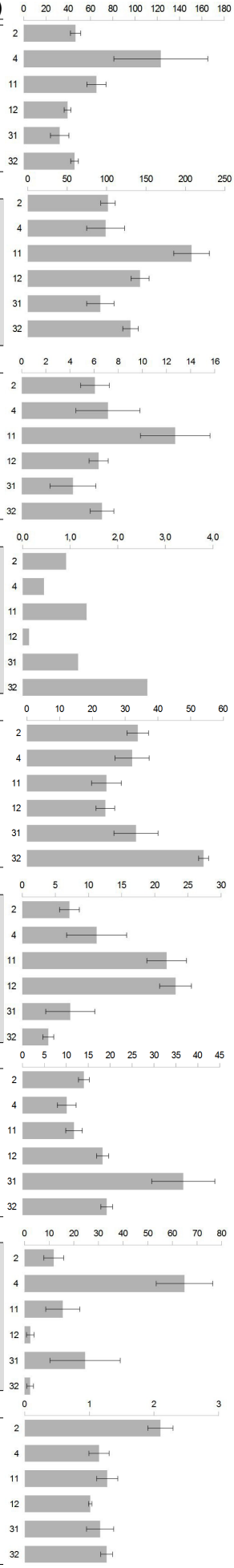
modèles linéaires			
point	**référence**	**intercept**	**pente**
1	tgb5	-60,427	1,122
2	tgb5	-64,492	1,113
3	tgb5	-54,317	1,062
4	tgb5	-73,981	1,257
5	tgb5	-29,45	0,475
6	tgb5	-52,278	0,939
7			
8	tgb5	-27,025	0,607
10			
11	tgb5	-50,23	0,932
12	tgb5	-49,637	0,885
13			
14	tgb5	-43,663	0,764
15	tgb5	-37,439	0,716
16	gb8	-59,022	1,067
17	tgb5	-51,637	0,885
18			
19	tgb5	-46,974	0,82
20	tgb5	-48,9	0,85
21	gb8	-21,959	0,893
22			
23			
24	gb2	-40,451	1,313
25	dl	0,2	1
102	tgb5	-31,023	0,695
103	tgb5	-51,087	1,024
104	tgb5	-52,975	1,035
105	tgb5	-44,064	0,882
106	tgb5	-33,397	0,726
107	tgb5	-26,836	0,596
108	tgb5	-41,674	0,825
109	tgb5	-49,509	0,964
110	tgb5	-44,03	0,852
201	tgb5	-70,756	1,362
202	tgb5	-43,947	0,979
203	tgb5	-36,983	0,801
204	tgb5	-37,218	0,821
205	tgb5	-30,764	0,714
206	tgb5	-40,959	0,958
207	tgb5	-31,441	0,788
208	tgb5	-34,035	0,765
209	tgb5	-35,111	0,773
210	tgb5	-33,539	0,706
304	tgb5	-32,833	0,753
305	tgb5	-55,084	1,041
308	tgb5	-49,472	1,008
310	tgb5	-44,006	0,819

Les résultats les plus significatifs sont indiqués en gras.

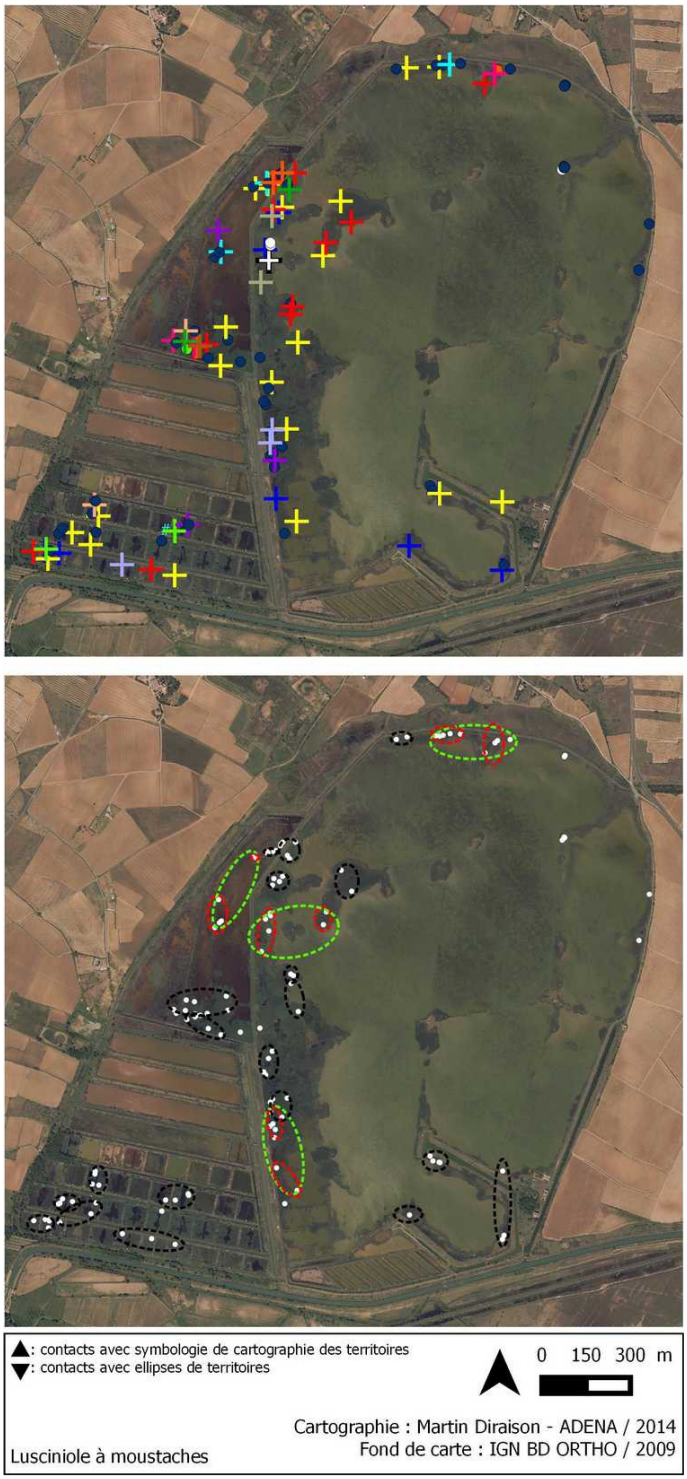
Les modèles linéaires sont classés en trois groupes. Vert : modèle fiable ; Orange : modèle fiable mais sur un nombre limité de donnée : Rouge : pas de modèle par manque de données.

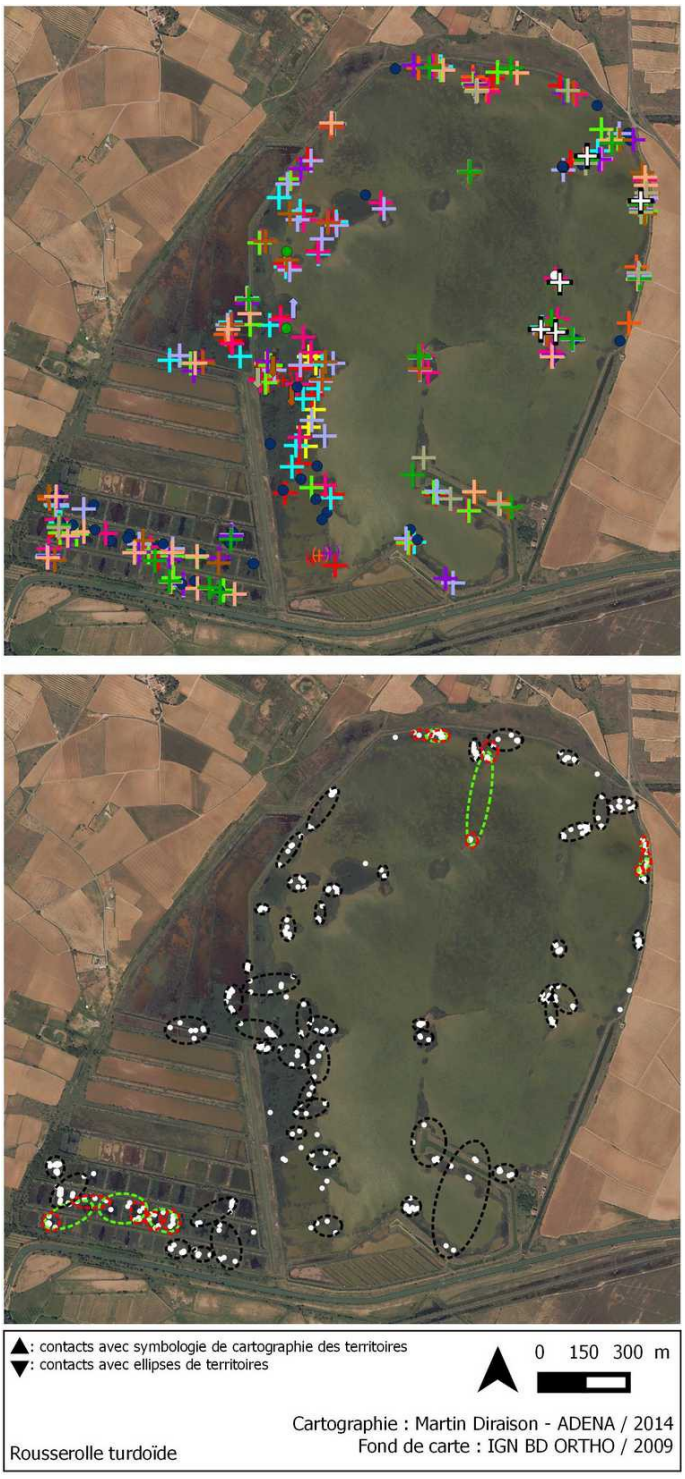
Annexe IX : Caractérisation des massifs : comparaison de moyennes

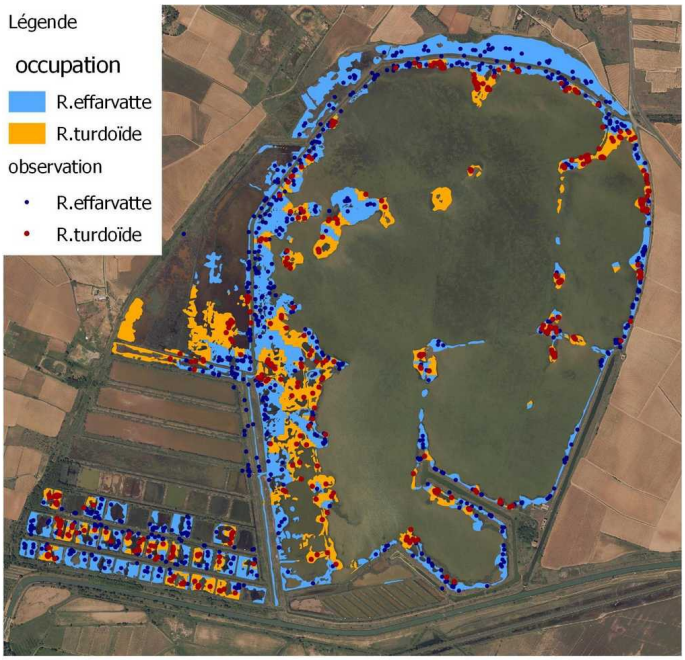
	massif	moyenne	N	IC95%	diff stat (0,05)
densités en tiges vertes (ind / 0,25 m²)	2	46,6	70	4,6	a
	4	123,2	20	42,2	b
	11	65,3	29	8,6	b
	12	39,4	74	3,0	a
	31	32,3	12	8,3	a
	32	45,7	90	3,4	a
densités en tiges sèches (ind / 0,25 m²)	2	101,8	70	9,1	a
	4	98,8	20	24,0	a
	11	207,8	29	22,6	c
	12	142,5	74	11,4	b
	31	92,1	12	17,3	a
	32	130,4	90	9,8	b
densités en panicules (ind / 0,25 m²)	2	6,1	70	1,2	a
	4	7,2	20	2,7	ab
	11	12,7	29	2,9	b
	12	6,4	74	0,8	a
	31	4,3	12	1,9	a
	32	6,7	90	1,0	a
densités en inflorescences (ind / 0,25 m²)	2	0,9	70	0,2	NS
	4	0,5	20	0,2	NS
	11	1,3	29	0,5	NS
	12	0,1	74	0,0	NS
	31	1,2	12	0,7	NS
	32	2,6	90	0,5	NS
hauteur de vase (cm)	2	33,9	70	3,3	a
	4	32,2	20	5,2	ab
	11	24,3	29	4,5	b
	12	24,0	74	2,8	b
	31	33,3	12	6,7	ab
	32	54,0	90	1,5	c
hauteur de litière (cm)	2	7,1	70	1,5	a
	4	11,2	20	4,5	a
	11	21,8	29	3,0	b
	12	23,1	74	2,4	b
	31	7,3	12	3,7	ac
	32	3,9	90	0,8	c
volume de tige (cm3)	2	14,0	70	1,2	a
	4	10,1	20	2,1	b
	11	11,8	29	1,9	ab
	12	18,3	74	1,4	c
	31	36,7	12	7,2	d
	32	19,2	90	1,3	c
Proportion de clairs (%)	2	11,9	70	4,0	b
	4	64,9	20	11,5	c
	11	15,5	29	6,9	b
	12	2,4	74	1,5	a
	31	24,6	12	14,3	b
	32	2,3	90	1,3	a
richesse floristique	2	2,1	70	0,2	c
	4	1,2	20	0,2	ab
	11	1,3	29	0,2	b
	12	1,0	74	0,0	a
	31	1,2	12	0,2	ab
	32	1,3	90	0,1	b

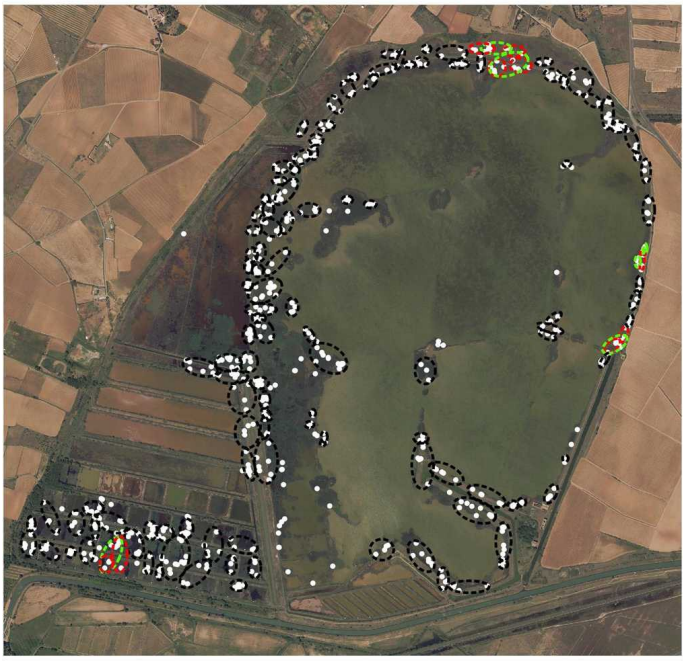


Annexe X : Cartographies des territoires









▲: ségrégation spatiale des rousserolles
▼: contacts avec ellipses de territoires

0 150 300 m

Cartographie : Martin Diraison - ADENA / 2014
Fond de carte : IGN BD ORTHO / 2009

Rousserolle effarvatte

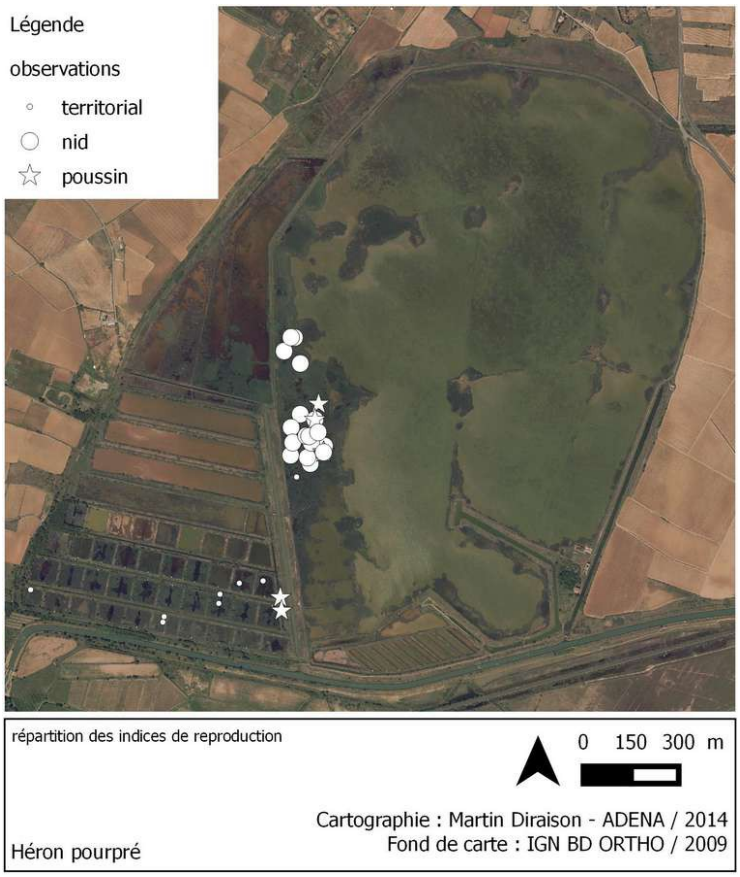
cartographie des contacts

0 150 300 m

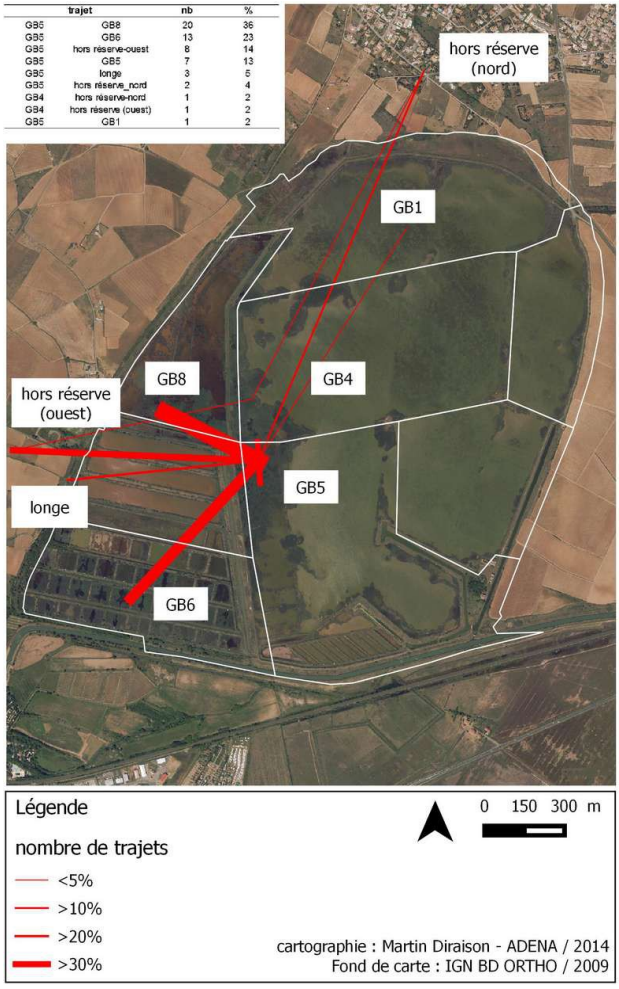
Cartographie : Martin Diraison - ADENA / 2014
Fond de carte : IGN BD ORTHO / 2009

Panure à moustaches

Annexe XI : Répartition des indices de reproduction de Héron pourpré

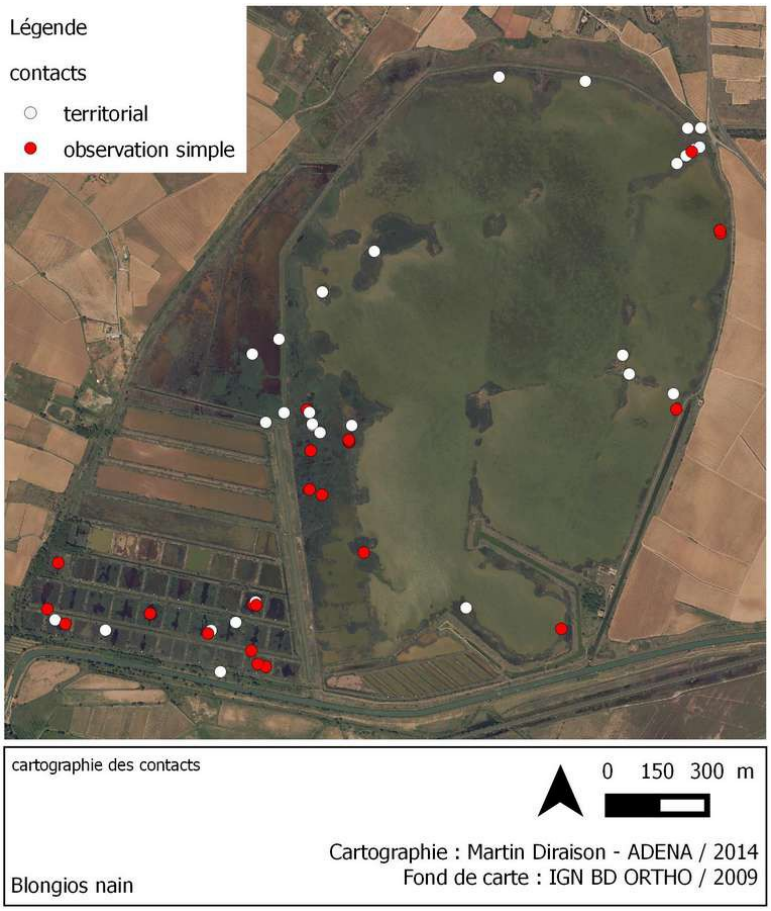


Annexe XII : Schéma des trajets de déplacements de la population reproductrice de Héron pourpré

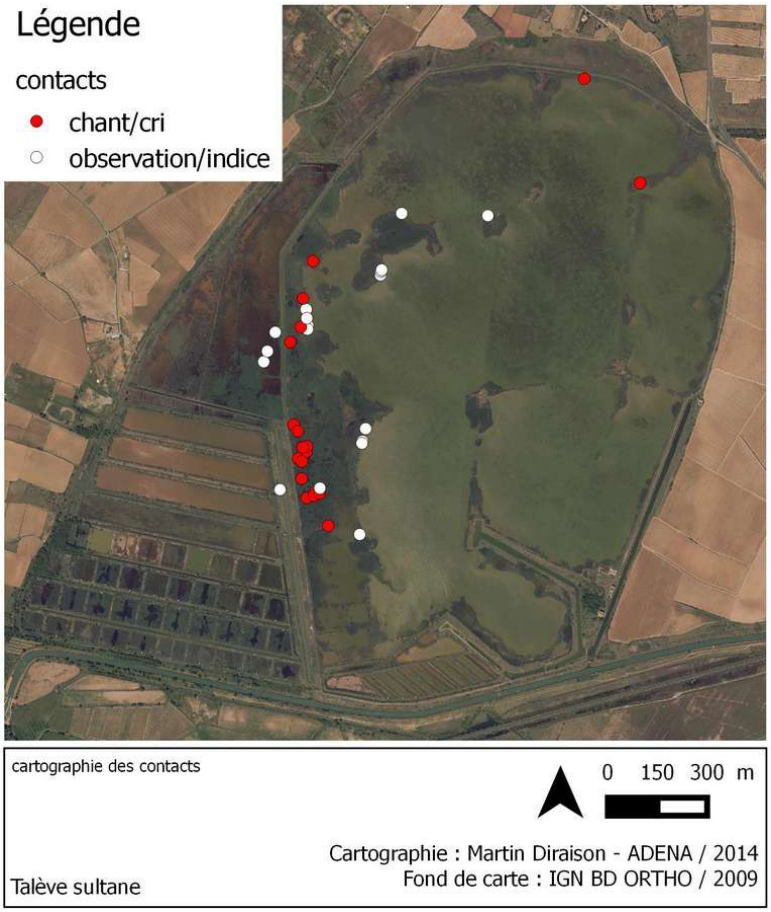


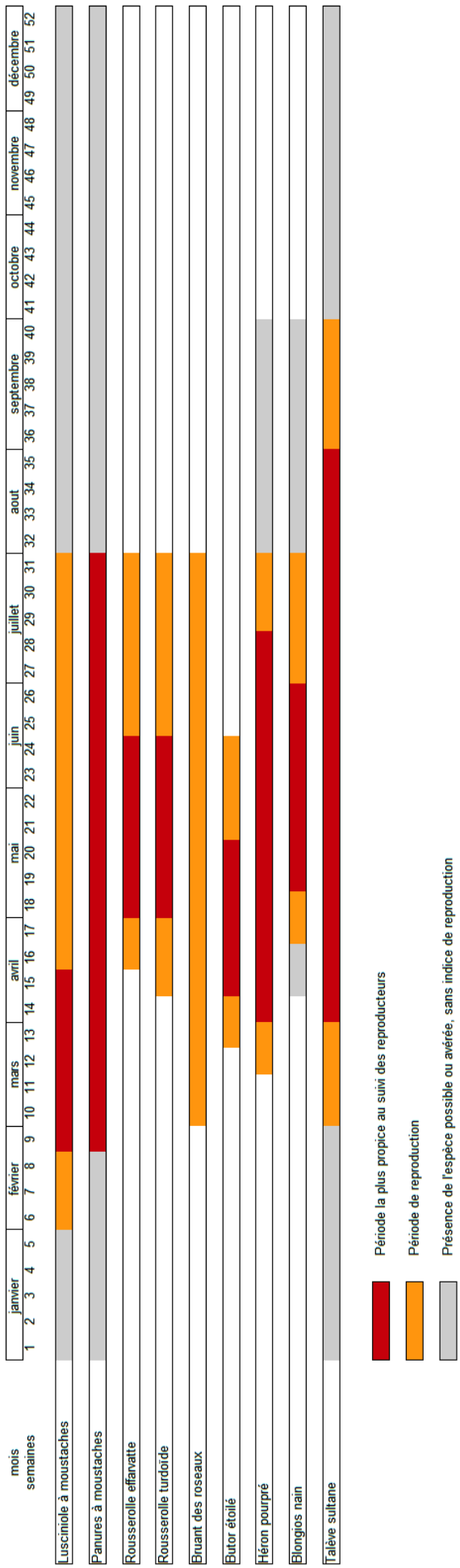
	trajet	nb	%
GB5	GB8	20	36
GB5	GB6	13	23
GB5	hors réserve-ouest	8	14
GB5	GB5	7	13
GB5	longe	3	5
GB5	hors réserve_nord	2	4
GB4	hors réserve-nord	1	2
GB4	hors réserve (ouest)	1	2
GB5	GB1	1	2

Annexe XIII : Répartition des contacts de Blongios nain



Annexe XIV : Répartition des contacts de Talève sultane



Annexe XV : Localisation de l'aire de Busard des roseaux

Annexe XVI : Calendrier de reproduction de l'avifaune des roselières