



Domaine de la Palissade



Conservatoire
du littoral

BILAN DES SUIVIS MIS EN PLACE SUR LE DOMAINE DE LA PALISSADE EN PARALLÈLE DES OPÉRATIONS DE DÉMOUSTICATION

Janvier 2010



Bonnet X., SMGDP

TETREL Claire & BONNET Xavier

Syndicat Mixte pour la Gestion du Domaine de la Palissade

BP5, 13129 Salin de Giraud

Mail: ctpalissade@palissade.fr

Tél.: 0442488242

SOMMAIRE

1.RAPPEL.....	3
2.IMPACTS DIRECTS DU DÉRANGEMENT.....	4
2.1.INTRODUCTION.....	4
2.2.MÉTHODOLOGIE.....	4
2.2.1.Mode opératoire de la démoustication.....	4
2.2.2.Suivi du dérangement.....	5
2.2.3.Analyse des données.....	6
2.3.RÉSULTATS.....	7
2.3.1.Interventions de l'EID depuis 2006.....	7
2.3.2.Opérations aériennes.....	8
2.3.3.Opérations terrestres.....	10
3.IMPACTS SUR LA REPRODUCTION.....	12
3.1.INTRODUCTION.....	12
3.2.MÉTHODOLOGIE.....	12
3.2.1.Suivi de la colonie arboricole d'Ardéidés.....	12
3.2.2.Suivi de la reproduction des Anatidés et des Foulques macroules.....	13
3.2.3.Suivi des passereaux nicheurs	14
3.3.RÉSULTATS.....	15
3.3.1.Ardéidés.....	15
3.3.2.Anatidés et Foulques.....	16
3.3.3.Passereaux	18
4.CONTRAINTE POUR LA GESTION DU SITE.....	20
5.SYNTÈSE.....	22
6.BIBLIOGRAPHIE.....	25

1. RAPPEL

À la demande du Conseil Général, une démostication expérimentale a débuté en août 2006 pour les villes de Salin de Giraud et de Port-Saint-Louis. Cette démostication est menée par l'Entente interdépartementale pour la Démostication (EID) avec un produit biologique, le Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*). Elle est dite raisonnée car elle consiste à limiter la nuisance causée par les moustiques dans ces deux villes et non pas à les éradiquer.

En parallèle, et afin d'évaluer les conséquences de cette action, plusieurs études d'impact ont été confiées au Parc Naturel Régional de Camargue. Le Domaine de la Palissade (Figure 1), espace naturel protégé propriété du Conservatoire du Littoral, fait partie des zones traitées dans le cadre de la démostication du secteur de Salin de Giraud.

Le Syndicat Mixte pour la Gestion du Domaine de la Palissade (SMGDP), gestionnaire du Domaine de la Palissade, a mené les suivis relatifs au dérangement occasionné par la démostication. Trois volets sont présentés :

- les impacts directs du dérangement des oiseaux d'eau : envols et redistributions sur les plans d'eau ;
- les impacts directs et indirects sur la reproduction de populations aviaires ;
- les impacts sur les opérations de gestion du site.



Figure 1. Localisation du Domaine de la Palissade

2. IMPACTS DIRECTS DU DÉRANGEMENT

2.1. INTRODUCTION

L'objet de cette étude est, rappelons-le, d'évaluer l'impact du dérangement lié aux opérations de démoustication sur les populations aviaires du domaine de la Palissade. D'une manière générale, les oiseaux dérangés arrêtent leur activité en cours (alimentation, repos, nidification...) et souvent s'envolent : cette réaction de fuite conduit à une redistribution des oiseaux. Le présent chapitre est consacré à évaluer l'ampleur de cette redistribution. Ces envols et ces redistributions ont un coût énergétique pour les oiseaux et peuvent affecter *in fine* leur survie et leur succès reproducteur. Ce dernier aspect sera abordé dans le chapitre suivant.

La démoustication repose sur deux modes de circulation, aérien et terrestre, dont les conséquences en termes de dérangement diffèrent certainement. Pour chacun des deux types de fréquentation, nous essayons de répondre à la questions suivantes :

- Pour les opérations aériennes, nous nous demandons (i) si l'abondance des oiseaux d'eau sur les plans d'eau diffère entre le début du traitement aérien et le moment où ce dernier prend fin, (ii) dans le cas d'une redistribution des effectifs, nous cherchons à en évaluer l'ampleur.
- Pour les opérations terrestres, il s'agit d'identifier les zones fortement dérangées où les oiseaux sont amenés à s'envoler et à changer ainsi momentanément ou définitivement de sites d'alimentation, de repos ou de reproduction.

Les oiseaux d'eau sont particulièrement sensibles au dérangement et le Domaine de la Palissade accueille une diversité d'Anatidés (canards et cygnes), d'Ardéidés (hérons), de Flamants roses, de Laridés (mouettes, goélands, sternes et guifettes), de Grèbes, de Foulques et de Limicoles (gravelots, bécasseaux, chevaliers, avocettes, échasses...). Ces sept groupes d'oiseaux d'eau feront l'objet de cette étude sur les impacts directs du dérangement occasionné par la démoustication.

2.2. MÉTHODOLOGIE

2.2.1. Mode opératoire de la démoustication

Nous rappelons dans ce paragraphe que le mode opératoire de démoustication se déroule en trois étapes. Premièrement, les agents de démoustication entreprennent un travail d'observation préalable à tout traitement. Il s'agit de surveiller quasi quotidiennement l'apparition de larves aquatiques sur le site et de délimiter ainsi les surfaces à traiter. La deuxième étape est le traitement en lui-même. Il se fait généralement par voie aérienne mais peut être complété par voie terrestre. Pour finir, l'efficacité des traitements est contrôlée par le biais de prospections post-traitements évaluant les larves rescapées.

La fréquentation sur le domaine liée à la démoustication se fait donc par deux voies :

- circulation terrestre des agents de l'EID sur le site lors des prospections pré- et post-traitements et/ou lors des traitements terrestres
- circulation aérienne lors des traitements aériens.

2.2.2. Suivi du dérangement

Opérations aériennes

Juste avant et juste après chaque traitement aérien, les oiseaux sont dénombrés simultanément sur deux plans d'eau : la Sableuse et la Baisse Claire. Les comptages sont réalisés par deux observateurs, un par observatoire, en utilisant des longues-vues (x20-60) (Figure 2).

Opérations terrestres

Les agents de l'EID sont accompagnés à chaque fois en 2006, 2007 et plus qu'une fois sur quatre en 2008 et 2009 (allègement du protocole, cf. rapport démoustication 2008). Le dérangement le long du parcours effectué est évalué par carré d'échantillonnage. Le domaine est divisé en une grille de carrés de 320 mètres de côté chacun (Figure 2). Pour chaque session de suivi des agents, on note pour chaque carré traversé le mode de locomotion utilisé et la présence ou non d'un dérangement (envol), le nombre et l'espèce concernée le cas échéant.

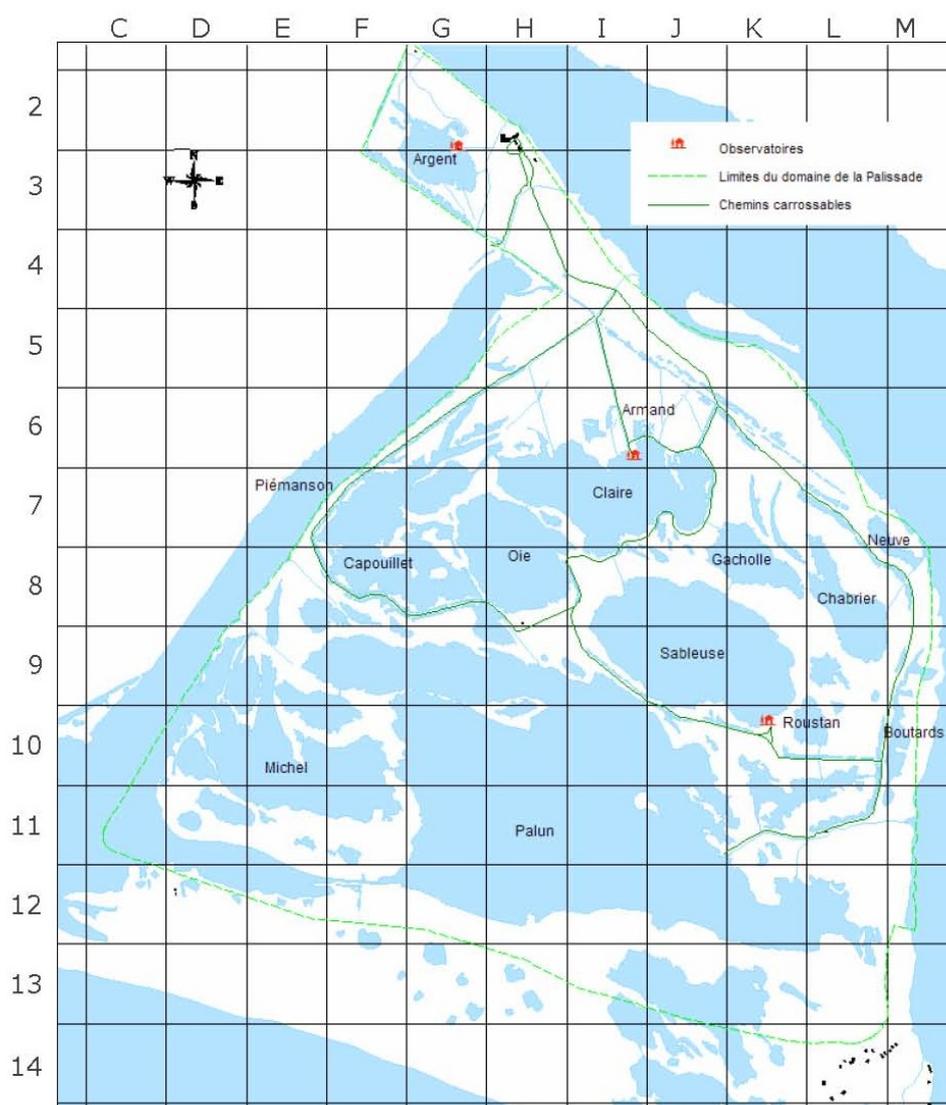


Figure 2. Carrés d'échantillonnage du Domaine de la Palissade et observatoires des baisses Claire et Sableuse.

2.2.3. Analyse des données

Opérations aériennes

Comme indice d'abondance, nous utilisons le nombre d'individus observés sur l'ensemble des deux plans d'eau. Pour chaque groupe d'oiseaux, nous comparons les effectifs AVANT et APRES chaque opération aérienne, à l'aide d'un test de Wilcoxon avec une transformation préalable en $\log(x+1)$ des données. Cette transformation est couramment utilisée quand les valeurs observées contiennent des zéros, ce qui est souvent le cas dans des données de comptage.

Les tests de Wilcoxon ont été effectués à l'aide du programme STATPLUS 2009 (AnalystSoft Inc.).

Pour les groupes d'oiseaux où une variation des effectifs entre AVANT et APRES traitement est avérée, nous évaluons le signe et l'ampleur de cette variation en examinant la distribution de la variable R, définie comme suit pour chaque opération i :

$$R_i = \text{APRES}_i / [\text{AVANT}_i + \text{APRES}_i] - 0.5$$

N.B. : Nous ne pouvons pas nous intéresser au ratio $\text{APRES}_i / \text{AVANT}_i$, certes plus évocateur, mais non utilisable quand $\text{AVANT}_i = 0$.

- La gamme de valeurs de R est $[-0.5 ; 0.5]$.
- R est nul quand les effectifs restent inchangés.
- R est positif quand les oiseaux sont plus abondants après l'opération aérienne et négatif quand l'inverse est vrai.
- La valeur absolue de R, notée $|R|$, permet de se focaliser sur l'ampleur de la variation des effectifs indépendamment du signe de celle-ci.

Pour chaque famille, seules sont retenues dans l'analyse, les opérations où au moins un individu a été vu sur l'un des deux plans d'eau à l'une ou l'autre des sessions de comptage.

Opérations terrestres

La répartition des opérations terrestres 2006-2009 et des dérangements occasionnés est cartographiée sous MAPINFO 8.0 (MapInfo Corporation). Une « opération » pour un carré regroupe l'ensemble des passages de l'EID dans ce carré lors de leur demi-journée de prospection sur le site. Les dérangements sont exprimés soit en termes binaires, i.e. présence/absence de dérangement, soit en termes d'abondance, i.e. nombre d'oiseaux dérangés.

2.3. RÉSULTATS

2.3.1. Interventions de l'EID depuis 2006

De 2006 à 2009, l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication (EID) a effectué sur le domaine de la Palissade respectivement 3, 14, 23 et 15 traitements aériens soit 55 au total. Pour les opérations terrestres, les agents de l'EID sont venus 42 fois en 2006, 81 fois en 2007, 100 en 2008 et 68 en 2009, soit un total de 291. Dans ce total, ne sont pas comptabilisées les opérations de capture et de piégeage des moustiques adultes. Les opérations de prospections et traitements terrestres à l'extrême sud du domaine n'apparaissent pas non plus dans cette évaluation. Dans ce dernier cas, les agents accèdent au domaine par la plage et ne prospectent pas seulement le secteur appartenant au Syndicat Mixte de Gestion du Domaine de la Palissade (SMGDP) mais aussi toute la frange littorale appartenant au Domaine Public Maritime (DPM).

Les pics d'activité de l'EID sont en avril et en septembre, qui correspondent aux mois à pluviométrie marquée et donc à éclosion massive de larves de moustiques (Figure 3). Cette année 2009 ne présente pas de pic en septembre, ceci est dû à des conditions climatiques défavorables aux éclosions des larves de moustiques.

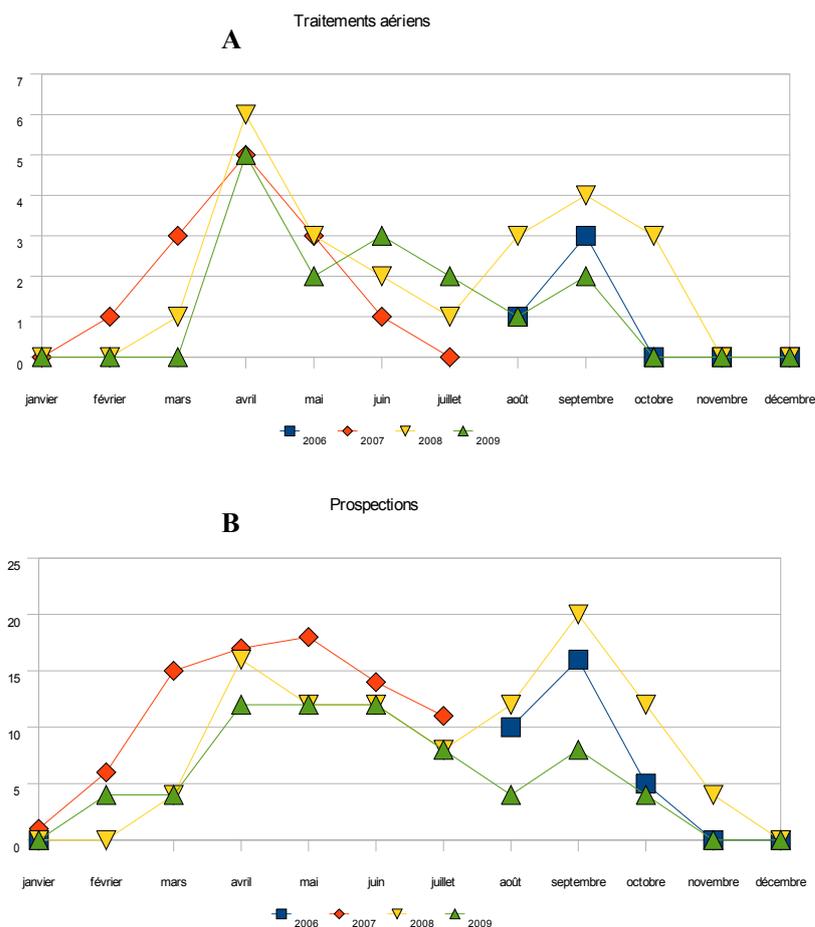


Figure 3. Activité de l'EID au cours de l'année en fonction des années de démoustication, d'août 2006 à décembre 2010. **A-** Nombre de traitements aériens. **B-** Nombre de prospections des agents de l'EID sur le domaine.

2.3.2. Opérations aériennes

Existe-t-il une redistribution spatiale ?

Sur les 55 opérations aériennes, seules 42 ont pu faire l'objet d'une analyse. Les autres n'ont pu être suivies soit parce qu'aucun personnel n'était disponible, soit parce que l'arrivée des avions a précédé celle des observateurs, qui n'ont pas été prévenus à temps.

Nous trouvons des différences significatives entre les deux sessions de comptage pour quatre des sept groupes d'oiseaux étudiés (Tableau 1) :

- Les opérations aériennes modifient la distribution spatiale des Anatidés, des Hérons, des Laridés et des Flamants roses.
- Quant aux Foulques et Grèbes, le passage des avions ne les font pas quitter le complexe Baisses Claire/Sableuse.
- Pour les Limicoles, avec un seuil de significativité de 0.0953, le résultat du test est moins probant. Ceci est certainement dû à l'hétérogénéité des comportements des espèces de limicoles face au survol aérien. Les petits limicoles comme les gravelots ou les bécasseaux ont tendance à s'envoler et à se reposer immédiatement sur le même plan d'eau. Au contraire, les avocettes, les échasses et les chevaliers s'envolent bien plus loin.

Tableau 1. Test de Wilcoxon pour chacun des groupes d'oiseaux. N, nombre de paires (AVANT & APRES) ; T, statistique du test ; p, seuil de significativité (* pour $p < 0,001$; ns pour $p > 0,1$).

	<i>N</i>	<i>T</i>	<i>p</i>
Anatidés	37	83	0,0006*
Ardéidés	30	85	0,0003*
Flamants	27	7,5	0,0000*
Foulques	11	15,5	0,1197 ^{ns}
Grèbes	15	31,5	0,1055 ^{ns}
Laridés	32	45	0,0000*
Limicoles	22	68	0,0953

Direction et ampleur de la redistribution

Nous examinons maintenant la direction et l'ampleur de la redistribution, pour les quatre familles où cette dernière est effective (cf. paragraphe précédent).

En ce qui concerne la direction de la redistribution, la figure 4A montre que :

- D'une manière générale, les opérations aériennes provoquent le plus souvent une diminution et non une augmentation des effectifs sur la zone observée (Sableuse + Baisse Claire).
- Le nombre d'individus après l'opération aérienne diffère de celui d'avant, dans 100 % des cas pour les Flamants, 95 % pour les Anatidés, 86 % pour les Ardéidés et 82 % pour les Laridés.

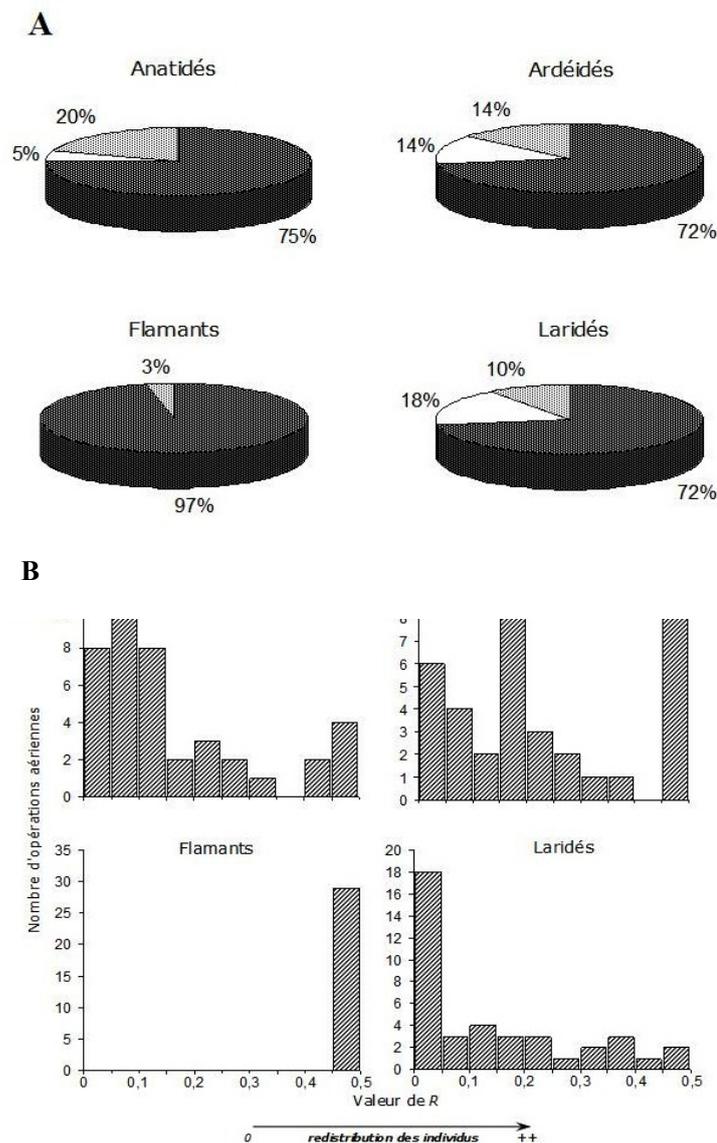
Regardons maintenant l'ampleur de la redistribution, quelle que soit sa direction (Figure 4B).

- Pour les Flamants roses, on assiste systématiquement à une redistribution complète des effectifs. Sur 29 traitements où les flamants roses étaient présents à un moment donné, 28 ont vu le départ de la totalité des flamants. Pour un seul traitement, des flamants roses sont apparus alors qu'ils n'étaient pas présents au début du traitement (28 et 1 sur 29 correspondent respectivement au 97 % et 3 % de la figure 4A).
- On observe une redistribution d'au moins un quart des effectifs (c'est-à-dire $|R| > 0.1$) dans 72% des traitements pour les Ardéidés, 55 % pour les Anatidés et 53 % pour les Laridés (Figure 4B). En ce qui concerne les Anatidés les résultats sont amoindris par la présence des Cygnes tuberculés qui ne sont pas sensibles aux avions.

Figure 4. Direction et ampleur de la redistribution des oiseaux d'eau lors des traitements aériens.

A- Direction de la redistribution des opérations aériennes en trois catégories que l'effectif APRES opération est inférieur (**noir**), égal (**blanc**) ou supérieur (**gris**) à celui d'AVANT opération.

B- Ampleur de la redistribution: répartition de la variable $|R|$ qui reflète la variation absolue des effectifs entre le début et la fin des opérations.



2.3.3. Opérations terrestres

Les opérations terrestres de l'EID se déroulent le plus souvent le long de la digue centrale depuis les bâtiments jusqu'au canal de la Palun (Figure 5A). Le chemin sur cette digue prend sa source au niveau des bâtiments, qui sont le point de ralliement des agents de l'EID et du personnel du SMGDP qui les accompagnent.

- Il en découle que la première partie de la digue centrale, qui mène à tous les autres endroits, est la plus usitée. Cette portion du chemin principal traverse les carrés d'échantillonnage H2, H3, H4, I4, I5 & J5. Ces derniers recouvrent surtout des prairies, des boisements et des sansouïres et comportent peu de milieux propices aux oiseaux d'eau.
- Par contre, l'EID fréquente aussi intensivement tout le reste du chemin principal et ses abords (J6 à L11). A part le fait que ce soit une voie de desserte vers la digue de la Sableuse, les agents de l'EID utilisent intensément la digue principale J6 à L11 pour vérifier la densité des gîtes larvaires principalement après des montées du Rhône côté est de la digue ou des coups de la mer (emplets) au sud de la digue vers la Palun. Tout le long de la digue est jalonné d'emprunts ayant servi à sa construction. Ils sont maintenus en eau et sont donc peu prospectés par les agents de l'EID. Cependant ils abritent une diversité d'oiseaux d'eau qui viennent s'y nourrir ou s'y reproduire. Le seul fait de passer en voiture suffit à provoquer l'envol de ces oiseaux, qui ne sont situés qu'à quelques mètres du chemin. Notons que les hérons ou les échasses adoptent le plus souvent un comportement d'évitement et reviennent se poser après le passage du véhicule. A contrario les canards ont tendance à fuir. Cette forte fréquentation de l'EID de la digue combinée à une forte attractivité des emprunts pour les oiseaux d'eau est très bien illustrée par le fait que les cinq carrés, où les dérangements sont les plus fréquents, sont, dans l'ordre décroissant, L10, L7, L11, M8 & J6, tous situés sur cet axe J6-L11 (Figure 5B1).

Si maintenant on raisonne en termes d'abondance (Figure 5B2) et non plus en termes binaires (présence/absence de dérangements) (Figure 5B1), les interprétations changent.

- Ce sont les carrés qui comportent les digues dites intérieures (surtout au niveau du Capouillet et de la Baisse Claire) où le maximum d'oiseaux est dérangé. Les cinq carrés, où le nombre d'oiseaux dérangés est le plus important, sont, dans l'ordre décroissant, E8, J10, J6, I9 & I7 et tous comprennent une portion de digues intérieures. Celles-ci sont moins utilisées par l'EID que la digue principale, le dérangement y est donc moins fréquent, mais lorsqu'il existe il concerne un grand nombre d'oiseaux se trouvant sur les plans d'eau attenants à ces digues.

On remarque que J6 apparaît comme un site fréquemment dérangé avec un grand nombre d'oiseaux dérangés. Ceci tient au fait qu'il recouvre à la fois une portion de la digue principale bordée d'emprunts et une portion d'une digue secondaire bordée par la Baisse Claire.

3. IMPACTS SUR LA REPRODUCTION

3.1. INTRODUCTION

Le dérangement lié aux survols aériens et aux prospections des agents de l'EID provoque un envol. Et ce seul envol est déjà en soi une dépense supplémentaire que subit l'oiseau dérangé : l'activité initiale de l'individu (repos, couvain ou alimentation en général) est remplacée par une activité plus coûteuse (le vol). Ainsi le dérangement entraîne une augmentation du stress et des dépenses énergétiques, une diminution du temps de repos, du temps d'alimentation ou du temps d'attention porté aux œufs et aux jeunes... et engendre *in fine* une diminution de la survie et du succès reproducteur. Ce dernier aspect fait l'objet du présent chapitre.

3.2. MÉTHODOLOGIE

3.2.1. Suivi de la colonie arboricole d'Ardéidés

Une colonie de hérons arboricoles est installée depuis 1992 sur le domaine de la Palissade. Elle se compose essentiellement d'Aigrette garzette, de Héron garde-boeufs, de Héron cendré, de Bihoreau gris et très ponctuellement de Crabier chevelu.

Le suivi de cette colonie est assuré par le SMGDP depuis son installation. Il s'agit d'un comptage absolu en matinée du nombre de nids occupés avec présence d'adultes et ceci à trois reprises : au début, au milieu (pic d'incubation) et à la fin du mois de juin.

De plus, pour évaluer le dérangement « direct » occasionné par le passage des avions pendant les traitements aériens, un comptage de la colonie, du nombre d'individus quittant le nid et le relevé du temps écoulé avant retour des individus sont effectués depuis l'observatoire de la Baisse Claire.

Grâce au suivi réalisé depuis 1992 et à sa poursuite dans le cadre du suivi de la démostriction depuis 2006, un changement dans l'évolution de la colonie en lien avec les dérangements occasionnés par la démostriction pourrait être détecté, le cas échéant. L'hypothèse principale est que les passages répétés et réguliers des avions de l'EID à basses altitudes pourraient affecter la colonie, surtout dans sa phase d'installation des couples et dans une moindre mesure lors de l'incubation.

3.2.2. Suivi de la reproduction des Anatidés et des Foulques macroules

La circulation terrestre ou aérienne de l'EID sur le domaine peut potentiellement influencer sur l'attractivité du site pour les anatidés et sur la réussite de leur reproduction. Afin de détecter un tel biais, un suivi du nombre de nichées a été mis en place depuis le premier avril 2006.

Ce suivi est basé sur le protocole de l'ONCFS de suivi des nichées. Des modifications y ont été apportées afin de le rendre compatible au cadre spécifique de la démostication sur le domaine de la Palissade. Le protocole de l'ONCFS consiste à suivre plusieurs sites et à « prospecter chaque site trois jours au cours d'une même semaine à raison de 5 semaines au cours de la période principale des éclosions » (Comité de pilotage Avifaune et habitats, Camargue Gardoise). Notre protocole, établi en 2006 et inspiré du précédent, comprend 22 points de suivi des nichées (Figure 6), qui sont prospectés une fois tous les dix jours du 1^{er} avril au 31 août.

Pour chaque point, le(s) plan(s) d'eau correspondant(s) est(sont) scruté(s) à l'aide d'une longue vue. L'observation dure une demi-heure et est réalisée entre le lever du soleil et au maximum 9h00 du matin. Ainsi suivant l'heure de lever du soleil, de trois à cinq points peuvent être réalisés en une matinée. L'espèce, le nombre de poussins ainsi que leur âge sont déterminés pour chaque nichée. L'âge est estimé à partir de critères définis par Coordonnier (1984) et Coordonnier et Fournier (1982) : ces documents sont fournis dans la synthèse bibliographique réalisée par le Comité de pilotage Avifaune et habitats, Camargue Gardoise. L'âge des nichées à une date donnée permet de déterminer les dates d'éclosion et d'envol.

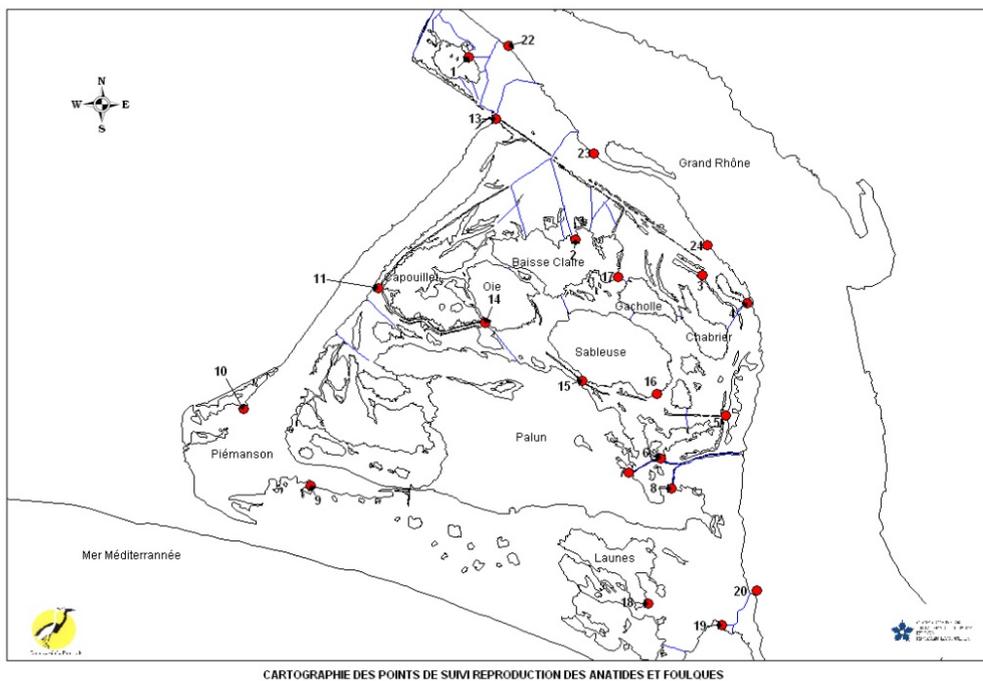


Figure 6. Localisation des points de suivi de la reproduction des Anatidés et des Foulques macroules.

3.2.3. Suivi des passereaux nicheurs

Les effectifs reproducteurs de passereaux sont classiquement estimés par écoutes matinales. Plusieurs protocoles existent, mais un seul est envisageable étant donné les coûts imposés par le cahier des charges de l'étude. Il s'agit des Echantillonnages Ponctuels Simples (EPS).

Le SMGDP réalise depuis 2002 un suivi des passereaux nicheurs dans le cadre du programme national STOC EPS (Suivi Temporel des Oiseaux Communs). Ce dernier permet de définir des tendances fiables quant aux évolutions des effectifs nicheurs, mais aussi de comparer les effectifs locaux aux effectifs régionaux ou nationaux.

Ce suivi consiste à réaliser deux passages d'écoutes autour de la date charnière du 8 mai et cela sur 10 points répartis dans un carré de 2 km de côté (Figure 7). L'observateur note tous les individus entendus ou vus durant cinq minutes d'écoute. Pour chaque point, un relevé d'habitat est réalisé annuellement afin de détecter d'éventuels changements qui pourraient influencer le cortège d'espèces potentiellement présentes ainsi que leurs effectifs. Pour plus de détail, il convient de se reporter au protocole défini par le CRBPO (Jiguet & Juliard 2006). Les données obtenues sont saisies sous le logiciel FEPS 2000. Pour chaque espèce contactée et pour chaque point d'écoute, le plus important effectif relevé lors des deux passages est retenu.

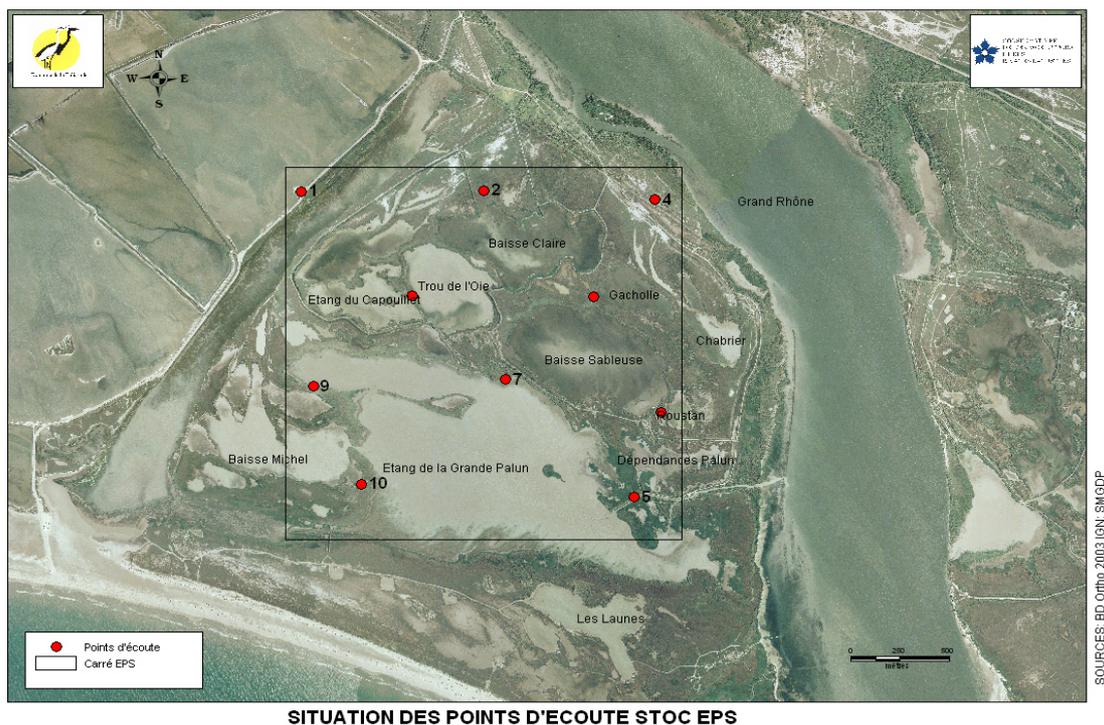


Figure 7. Localisation des points d'écoute des chants de passereaux

3.3. RÉSULTATS

3.3.1. Ardéidés

Les héronnières ont un fonctionnement cyclique, qui s'observe également sur le domaine (Figure 8). En effet, les effectifs de la colonie se sont accrus jusqu'en 1996 (420 couples au total) puis ont diminué régulièrement jusqu'en 1999 (164 couples). S'en est suivi un nouveau cycle avec un maximum en 2001 (392 couples) précédant une spectaculaire baisse jusqu'en 2005 (42 couples). Depuis 2005, les effectifs se sont globalement stabilisés à un niveau très bas. Cette saison 2009 marque le plus petit effectif jamais enregistré depuis l'installation de la colonie avec 31 couples. En outre, c'est la première année que la héronnière est monospécifique, avec seulement du Héron cendré. Un couple de Bihoreau gris a tenté une installation mi-mai (observations du 14 et du 18/05), mais sans succès.

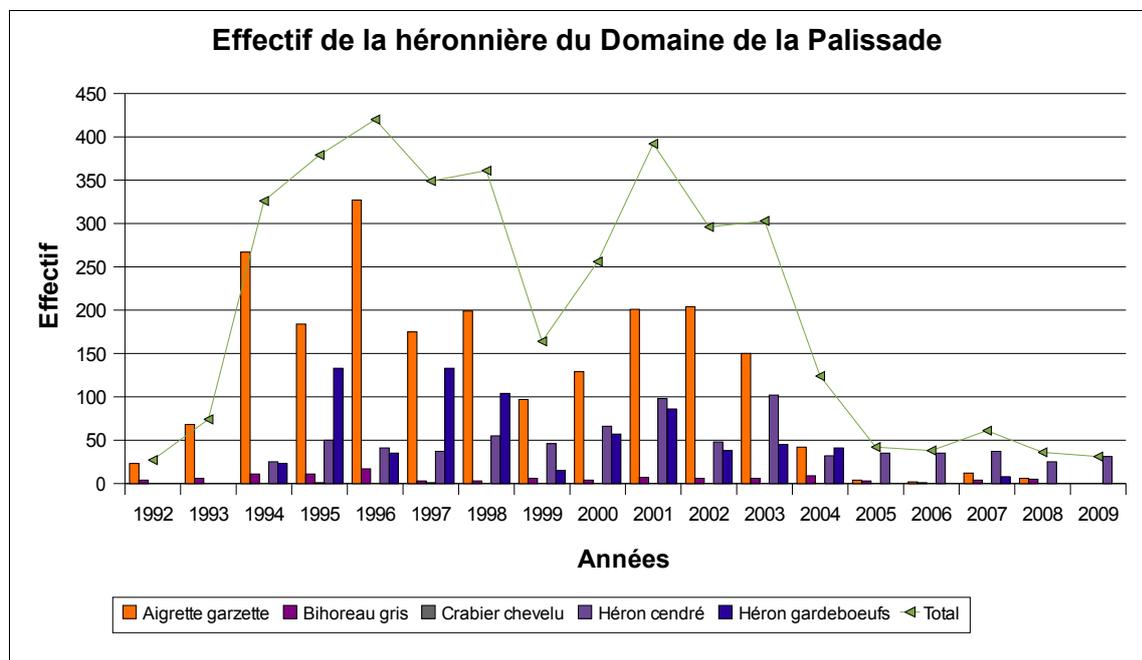


Figure 8. Histogrammes de l'évolution du nombre de couple d'Ardéidés.

En 2008, les traitements aériens ont causé l'abandon de la héronnière pendant plus d'une semaine en avril, pleine période de reproduction. Cette année par une meilleure connaissance des enjeux des pilotes et à une amélioration de coordination, seulement un passage a été effectué à proximité de la héronnière n'occasionnant aucun envol. Ce passage concernait le premier traitement aérien de la saison, du 07/04/2009.

Dans ces résultats, seuls les traitements aériens de la Palissade sont étudiés. Nous avons pu constater que lors des traitements sur Port Saint-Louis il pouvait arriver que des avions effectuent des manœuvres sur le domaine. N'ayant pas à être mis au courant de ces survols nous n'avons pas pu les suivre pendant la période de reproduction. Les traitements aériens imposent une emprise spatiale largement supérieure à celle de la zone traitée.

3.3.2. Anatidés et Foulques

En 2009, 32 nichées ont été dénombrées. Elles ont comporté entre 1 et 9 poussins. Contrairement aux années précédentes, les nichées de Canard colvert ont été les moins nombreuses avec 25 % du total des nichées (soit 8 nichées) contre 37,5% (soit 12 nichées) pour le Canard chipeau et la Foulque macroule (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre de nichées recensées par point de suivi en 2009.

Points		Canard colvert	Canard chipeau	Foulque macroule	Total
Digue à Meffre	11	0	0	0	0
Sableuse/Roustan	16	0	0	0	0
Gacholle	17	0	0	0	0
Piémanson Nord	13	0	0	0	0
Oie/Cap/Palun	14	0	0	0	0
Launes	18	0	0	0	0
Nord île	23	0	0	0	0
Sud île	24	0	0	0	0
Ponton Grach	20	0	0	0	0
Ponton Rhône	22	0	0	0	0
Argent	1	0	0	0	0
Emprunts/Chabrier	3	0	0	0	0
Affût chasse	10	0	0	0	0
Barrage anti-sel	9	0	0	0	0
Relongues	15	1	0	0	1
Gabians	19	0	0	2	2
Boutards	5	0	2	0	2
Palun canal	7	1	1	1	3
Recul Palun	8	0	3	2	5
Neuve	4	1	4	0	5
Dép. Palun	6	3	1	2	6
Claire	2	2	1	5	8
Total		8	12	12	32

Par rapport à 2006 (année zéro), l'année 2009 présente (Figure 9) :

- pour la totalité des espèces, une diminution significative du nombre de nichées (test de Kruskal-Wallis : $p < 0,05$) : 60 % de nichées en moins.
- pour le Canard colvert, une diminution significative du nombre de nichées (test de KW : $p < 0,001$) : 80 % de nichées en moins.
- pour le Canard chipeau et la Foulque macroule, les différences observées ne sont pas significatives (test de KW : non significatif) contrairement aux années précédentes.

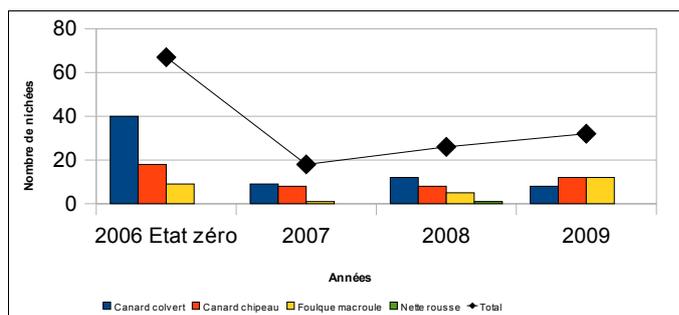


Figure 9. Évolution du nombre de nichées depuis 2006.

En comparant les saisons de reproduction depuis la démoustication (Figure 9), sans l'année zéro, le test de Kruskal-Wallis ne donne pas de différences significatives du nombre total de nichées entre 2007 et 2009.

En 2009, le nombre moyen de poussins par nichée n'a pas varié significativement par rapport aux autres années (test de KW non significatif) : 5,5 chez le Canard colvert contre 5,9 chez le Canard chipeau (Tableau 3).

Tableau 3. Nombre moyen de poussins par nichées depuis 2006.

Années	Canard colvert	Canard chipeau
2006	4,9	4,8
2007	4	4,6
2008	4,42	4,5
2009	5,5	5,92

Chez le Canard colvert et la Foulque macroule, les poussins sont considérés comme volants 60 jours après l'éclosion, contre 50 jours chez le Canard chipeau (Lefeuve 1999). La détermination de l'âge des poussins lors des points d'observation nous permet donc d'estimer leur date d'envol. Ainsi nous estimons que sur les 32 nichées, 81,25 % sont considérées volantes aux 15 août (60 % en 2006, 66 % en 2007 et 54 % en 2008) (Figure 10).

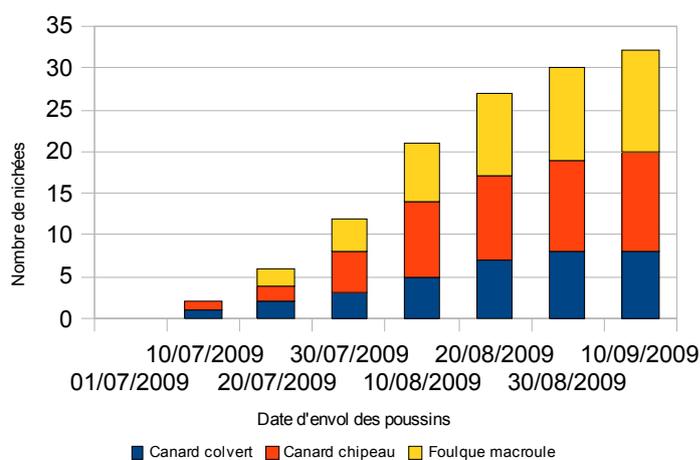


Figure 10. Cumul du nombre de nichées envolées entre le 1^{er} juillet et le 10 septembre 2009

3.3.3. Passereaux

Lors des échantillonnages EPS, l'ensemble des individus contactés est pris en compte. Cependant, de par le protocole, les espèces rares n'ont qu'une très faible probabilité d'être détectées. Nous ne présenterons donc ici que les données concernant les espèces les plus communes.

Vingt-neuf espèces ont été contactées au moins une année sur le domaine (Tableau 4).

Tableau 4. Évolution, en pourcentage, du nombre de contacts pour deux années consécutives (test U de Mann & Whitney) et sur les périodes 2002 à 2006, 2007, 2008 et 2009 (ANOVA de Kruskal-Wallis) ; en gras $p < 0,05$ et en gras souligné $p < 0,01$.

Nom vernaculaire	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2002-2006	2002-2007	2002-2008	2002-2009
Rousserolle turdoïde							0				
Rousserolle effarvate	-33	550	-69	50	17	14	50	100	133	167	300
Alouette des Champs	-38	63	-54	-67	-50	100	0	-85	-92	-85	-85
Pipit rousseline		100	-50	0	0	0	100				
Alouette calandrelle					0	-100					
Linotte mélodieuse	-100		-100		-100		-100	0	-100	-33	-100
Chardonneret élégant						-100					
Bouscarle de Cetti	30	69	-36	43	35	-15	-30	100	170	130	60
Cisticole des joncs	50	250	-55	26	29	-52	-87	200	288	88	-75
Cornille noire	0	-67	-100				100	-100		-67	-33
Bruant des roseaux	-29	160	362	-78	0	8	-7	86	86	100	86
Gobemouche noir		-100									
Hypolaïs polyglotte			50	-50	-33	250	-43				
Hirondelle rustique	-33	-50	-100		100	-100		-67	-33	-100	-100
Pie-grièche à tête rousse						-100					
Rossignol philomène	50	25	-40	11	80	89	-12	25	125	325	275
Bruant proyer		-100									
Bergeronnette printanière	-14	-16	-72	250	-46	79	-38	-30	-62	-32	-58
Gobemouche gris							-100				
Traquet motteux	-100							-100		-100	-100
Loriot d'Europe						-100					
Panure à moustache		-100									
Moineau friquet		-33	-100		0	-38	-100				
Pie bavarde	-100		-100		400	-80	-100	0	400	0	-100
Mésange charbonnière											
Étourneau sansonnet											
Fauvette à tête noire							200				
Fauvette à lunettes			0	-100		-100					
Fauvette mélanocéphale					0	50	-67				

Notons que cette année, deux nouvelles espèces ont été entendues : la Mésange charbonnière et l'Étourneau sansonnet. Sur l'ensemble des STOC depuis 2002, le nombre d'espèces et le nombre d'individus contactés chaque année ne varient pas significativement (test de Kruskal-Wallis non significatif).

L'état zéro réalisé en 2006 montre qu'avant la démoustication, les effectifs de deux espèces de passereaux ont varié significativement de 2002 à 2006 :

- Augmentation de la population de Cisticole des joncs (test de KW : $p < 0,01$)
- Diminution de la population de Bergeronnette printanière (test de KW : $p < 0,05$)
- Tendance à la diminution de la population d'Alouette des champs (test de KW: NS)

L'analyse des tendances à long terme de 2002 à 2009 (Tableau 4, Figure 11), montre que 4 espèces varient significativement. Contrairement à ce qu'on observait depuis 2006, deux espèces de passereaux ont subi une variation significative de leurs effectifs nouvelle ou différente par rapport à 2006 :

- la Linotte mélodieuse, qui est contactée seulement une année sur deux sur le domaine, est en diminution (test de KW, $p < 0,05$).
- la Cisticole des joncs est en forte diminution significative (test de KW : $p < 0,001$) (diminution déjà présente en 2008, mais non significative). La population de Cisticole des joncs a donc inversé sa tendance après le début de la démoustication. On est passé d'une population en augmentation de 2002 à 2007 à une population décroissante de 2007 à 2009. (Figure 11).

Ainsi que deux espèces qui évoluent de façon similaire avec 2006 :

- l'Alouette des champs et la Bergeronnette printanière sont en décroissance et en 2009 cette diminution est toujours effective (test de KW : respectivement $p < 0,001$ et $p < 0,05$) (Figure 11). Cette baisse des effectifs de ces deux espèces enregistrée depuis 2002 est certainement due à la fermeture des milieux.

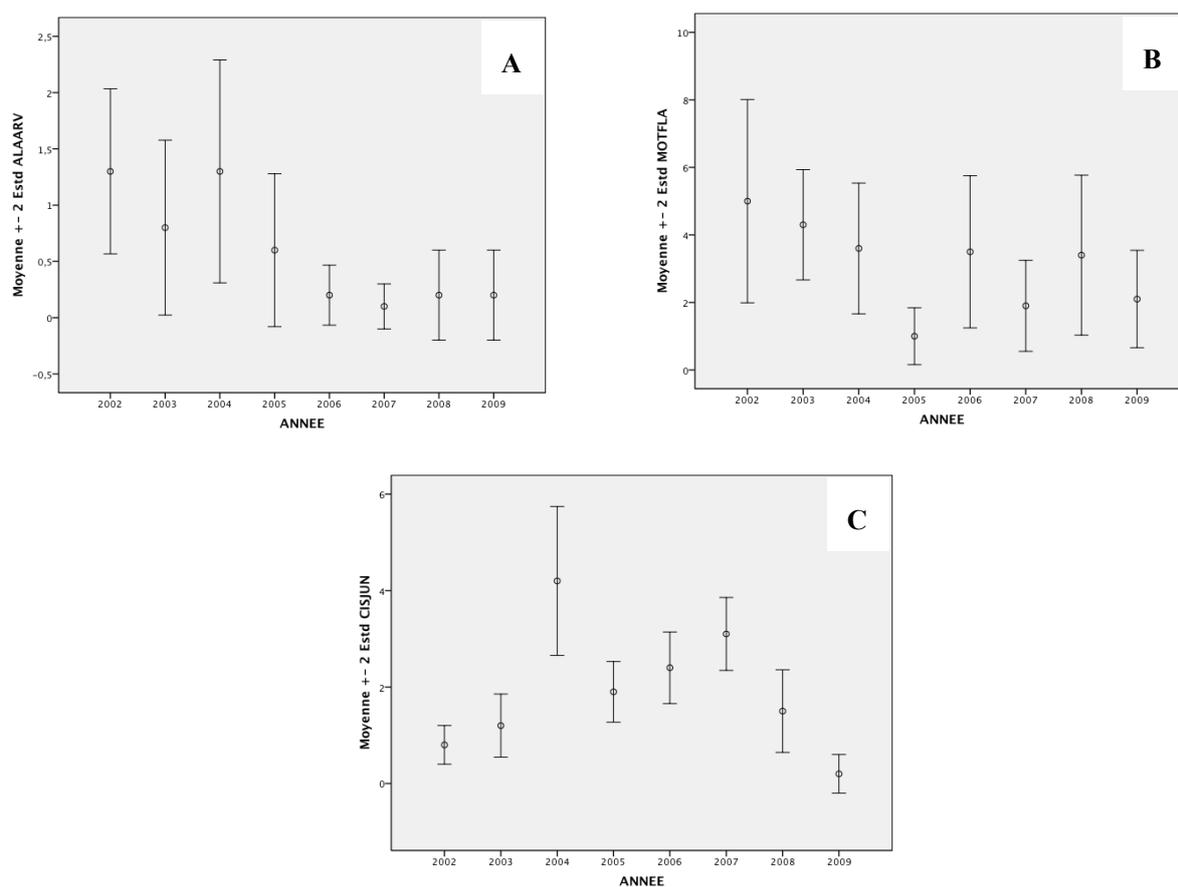


Figure 11. Évolution du nombre moyen de contacts par an pour l'Alouette des champs (A), la Bergeronnette printanière (B) et la Cisticole des joncs (C).

4. CONTRAINTES POUR LA GESTION DU SITE

Les contraintes sur la gestion, les activités et l'accueil du public sont notées sur tableur tout au long de la saison. Malgré la très bonne collaboration entre le SMGDP et l'EID, les imprévus tels que la météo, l'émergence de larves ou les activités du SMGDP et de ses prestataires provoquent inéluctablement des problèmes de gestion et d'organisation.

Depuis 2006 les contraintes ont été généralement les mêmes mais avec une plus grande difficulté pour mener tous les suivis en avril et mai de part les conditions météorologiques qui laissaient une très faible marge de manœuvre. Le grand changement réside dans le nouveau plan de gestion 2008-2013. En effet il prend en compte une gestion hydraulique défavorable à la production de moustiques tout en restant en accord avec la gestion « naturelle » des baisses. Pour autant la mise en œuvre de ce nouveau type de fonctionnement n'est pas sans inconvénient, la part visible de ce changement étant la mortalité de carpes dans les roubines comme en 2008. De part la diminution des échanges d'eau, afin d'éviter des éclosions de moustiques, ces poissons restaient prisonniers dans les roubines et sont mort par asphyxie. Il sera nécessaire à l'avenir de continuer à noter les impacts sur les milieux engendrés par ce nouveau mode de gestion de l'eau. En effet la mortalité des carpes est la face visible des changements engendrés.

Notons que sur les 15 traitements de 2009, seulement un a été effectué pendant les heures d'ouverture au public (pour 8 en 2008) et un a été causé par le SMGDP: 18/08 sur le Clos d'Argent après sa remise en eau.

Seuls les traitements aériens de la Palissade sont étudiés. Nous avons pu constater que lors des traitements sur Port Saint-Louis il pouvait arriver que des avions effectuent des manœuvres sur le domaine. N'ayant pas à être mis au courant de ces survols nous n'avons pas pu les suivre. Pourtant ces traitements en dehors du domaine ont aussi des impacts:

- Un traitement prévu à 07h45 a été reporté à 12h pour cause de brouillard et de mauvaise météo les jours suivant. Les avions traitant Port-Saint-Louis sont arrivés 1/2h plus tôt que ceux traitant la Palissade et ont fait décoller les oiseaux avant notre arrivée. Nous n'avons donc pas pu suivre ce traitement qui était le plus important de la saison (durée de 02h30 avec 5 avions).

- Un avion traitant sur Port-Saint-Louis en après-midi est passé à proximité de la découverte équestre provoquant la panique des chevaux mais heureusement sans entraîner d'accident. En effet quelque soit l'altitude de l'avion ils associent le bruit à la panique provoquée lors des traitements à basse altitude.

Les autres « interférences » relevées :

- Un traitement aérien a été avancé d'une 1/2h mais sans nous prévenir donc le compte « avant » n'a pas pu être effectué

- Une jument a été retrouvée coincée dans une roubine: accident probablement causé par la panique engendrée par les avions

- Modifications et déplacements des suivis de la démoustication et du domaine (horaires et circuit) induits par la présence des agents de l'EID sur le terrain ou les traitements aériens, pouvant impliquer aussi des pertes de temps et déplacements inutiles.

Au quotidien:

- Négociations régulières sur les jours et les horaires des survols pour éviter les heures d'ouverture au public et les jours chassés.
- Difficultés pour suivre les prospections par manque d'informations entraînant régulièrement du retard pour ce suivi

Nous pouvons noter que de plus en plus de survols aériens servant traiter d'autres secteurs sont observés sur le Domaine. En effet des avions pour Port-Saint-Louis, voire Saint Chamas sont régulièrement observés.

Comme les années précédentes, au-delà de la difficulté à faire cohabiter deux activités dont les tenants et les aboutissants sont disparates (désir de naturalité, d'exemplarité et de calme de la part des visiteurs versus traitement aérien mécanique par insecticide), il existe aussi un réel problème de sécurité notamment vis à vis des chevaux, envers les cavaliers ou bien les visiteurs pédestres. Cette coordination s'est tout de même fortement améliorée cette année. Mais même dans les meilleures conditions possibles et malgré les efforts communs entre l'EID et le SMGDP (notamment par un changement important de la gestion des baisses), il y aura toujours des problèmes d'organisation ou de gestion qui échappent à la volonté des parties prenantes car elles sont liées à des facteurs extérieurs comme, par exemple, la météorologie.

5. SYNTHÈSE

De 2006 à 2009, l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication du littoral méditerranéen a eu recours à 55 traitements aériens et 291 tournées de prospections/traitements terrestres pour contrôler les populations de moustiques du Domaine de la Palissade.

Leur effort se concentre aux saisons pluvieuses, le printemps et l'automne. Pour bon nombre d'oiseaux d'eau, le printemps est la période de migration pré-nuptiale et de nidification tandis que l'automne marque l'émancipation des jeunes et la migration post-nuptiale. Ainsi les pics d'activité de l'EID coïncident avec des étapes charnières du cycle de vie des oiseaux d'eau.

Le premier effet de la démoustication est lié au dérangement. La fréquentation accrue des agents de l'EID par voies terrestre et aérienne bouleverse nombre d'oiseaux d'eau dans leurs activités. Dans la plupart des cas, le dérangement les contraint à s'envoler. Sur le plan énergétique, le dérangement réduit le temps passé notamment à l'alimentation et favorise une activité plus coûteuse en énergie, le vol. Or le suivi des opérations de démoustication entrepris depuis 2006 démontre que ces dernières engendrent de nombreux envols :

- Sur les 291 tournées de prospections/terrestres de l'EID, le SMGDP en a suivi 152 et a constaté l'envol de 10148 anatidés, 984 ardéidés, 247 flamants, 387 laridés et 710 limicoles, soit en moyenne 82 oiseaux d'eau envolés par tournée.
- Sur les 55 traitements aériens de l'EID, le SMGDP en a suivi 40 dont l'analyse a montré qu'il existe une redistribution spatiale pour les Anatidés, les Ardéidés, les Flamants roses et les Laridés sur le complexe Baisses Claire/Sableuse. Les Flamants roses se redistribuent totalement suite à l'apparition de l'avion. Concernant les Anatidés, Ardéidés et Laridés, plus de la moitié des traitements aériens où ils sont présents se solde par la redistribution d'au minimum un quart des effectifs allant jusqu'à la totalité.

Notre étude nous donne un indice du dérangement réel. L'ampleur du dérangement mesuré présuppose un dérangement réel plus important. En effet, le dérangement mesuré n'est qu'une sous-estimation du dérangement réel, puisque :

- Les prospections ne sont pas toutes suivies : seule une sur quatre en 2008 et 2009 et les agents de l'EID ne sont pas accompagnés lors de leur tournée dans l'extrême sud du domaine.
- Lors du survol aérien, la zone réellement impactée est bien plus grande que la zone traitée. Ne serait-ce qu'avec la zone de manœuvres de l'avion ou les distances de fuite par rapport à l'avion (cas extrême avec les flamants qui s'envolent alors que l'avion est encore à plusieurs centaines de mètres).
- Seuls sont considérés les oiseaux réagissant au dérangement par un envol. Ce n'est qu'un comportement parmi d'autres adopté face au dérangement. Autrement dit, les oiseaux dérangés mais non envolés, n'ont pas été pris en compte dans cette étude.
- De plus le SMGDP provoque un biais important en amoindrissant au maximum les impacts en collaborant quotidiennement avec l'EID. Ceci implique que dans une zone naturelle non suivie les impacts seraient beaucoup plus importants.

Tout ceci mis bout à bout fait qu'on sous-estime grandement le nombre d'oiseaux d'eau dérangés, autant dire que le dérangement réel est véritablement très important.

Cette redistribution des oiseaux suite au dérangement n'est pas sans conséquence. Par analogie avec des études menées sur l'impact du dérangement par la chasse, on peut supposer que le coût énergétique immédiat lié au dérangement par la démoustication est le triple cumul des coûts de déplacement, de l'interruption dans l'alimentation et de la moindre valeur trophique des habitats utilisés après dérangement. Par voie de conséquence, les oiseaux dérangés ont de moins bonnes conditions corporelles et donc *in fine* une survie et un succès de reproduction amoindris.

A propos de l'effet de la démoustication sur la reproduction, il semblerait que la démoustication n'impacte pas de la même manière les différents cortèges d'oiseaux :

- Pour les Anatidés et Foulques macroules, essentiellement granivores et herbivores, l'impact de la démoustication sur la reproduction serait davantage dû au dérangement en lui-même, plutôt que la perturbation du réseau trophique consécutive à la diminution de la population de moustiques. Le dérangement agirait soit en empêchant l'installation des couples car ces derniers trouvent le site trop dérangé pour être accueillant, soit en diminuant les conditions corporelles des individus par des vols et des stress plus nombreux. La diminution du nombre de nichées observées depuis 2006 pourrait être due à la démoustication, une étude à plus long terme devrait confirmer ou rejeter cette hypothèse. En effet les différentes espèces ont des tendances divergentes, ce qui à long terme pourra permettre d'éliminer les facteurs météorologiques des causes de ces variations. Nous pouvons noter de plus que les Foulques macroules, seule espèce en augmentation, montre dans les autres suivis que ce sont les moins sensibles aux dérangements lors des prospections et des traitements aériens, contrairement aux Anatidés.
- Pour les Ardéidés, l'absence de nidification à cause du dérangement par le survol aérien apparaît être l'effet le plus important de la démoustication. En 2008, les traitements aériens ont causé l'abandon de la héronnière pendant plus d'une semaine en avril, pleine période de reproduction. Le Héron cendré connu cette année-là son plus bas taux de reproduction historique. Notons qu'en 2009, grâce à une meilleure prévention auprès de l'EID, seulement un passage a été effectué à proximité de la héronnière n'occasionnant aucun envol.
- Pour les Passereaux, considérés comme moins sensibles au dérangement, la perturbation du réseau trophique pourrait être le moteur principal d'une éventuelle baisse des effectifs. Notre étude montre que la population de Cisticole des joncs a inversé sa tendance après le début de la démoustication. On est passé d'une population en augmentation entre 2002 et 2007 à une population décroissante de 2007 à 2009. La Cisticole des joncs est insectivore et recherche assidûment les araignées, qui elles-mêmes sont consommatrices de moustiques. On est en droit de se demander si la démoustication n'est pas responsable du déclin local de la population de la Cisticole des joncs. Cette diminution est également observée en PACA mais non significative, la population est considérée comme stable. Seule le prolongement de cette étude à plus long terme devrait permettre de vérifier les tendances révélées et de dégager d'éventuels effets à plus long terme sur d'autres d'espèces également insectivores.

Les opérations de déoustication n'impactent pas seulement la vie des oiseaux mais interfèrent également dans la gestion du site. La gestion hydraulique est modelée par les besoins de déoustication : moins de mouvements des eaux pour moins de production de moustiques. Mais ceci induit aussi moins de production biologique en générale et plus d'eutrophisation. Cette gestion n'est pas non plus inadéquate mais ne se rapproche pas des conditions naturelles du domaine de la Palissade. En effet étant situé à l'embouchure du Grand Rhône et hors digue, ce sont les constants mouvements d'eau et crues qui ont modelé cette mosaïque de paysages et ces particularités.

Par ailleurs, la déoustication ne constitue pas le seul facteur de dérangement du site : la fréquentation touristique et les activités du SMGDP en constituent d'autres non négligeables. Cependant à la différence du premier, ces facteurs sont canalisés dans le temps et dans l'espace. Les touristes à pied et à cheval se promènent seulement sur des chemins prédéfinis et à des plages horaires données (9h00-18h00) ce qui permet de garder une plage de quiétude à la faune. La problématique avec l'EID est que la circulation se fait au plus près des plans d'eau et en général aux premières heures du lever du jour en dehors des heures d'ouverture, qui constituent un pic d'activité pour les oiseaux avant les heures plus chaudes où le repos est de mise. Par ailleurs le problème de la circulation de l'EID semble insoluble : la circulation en début de matinée dérange nombre d'oiseaux et les redistribue. Ces derniers quittent les plans d'eau et ne sont plus observables par le public dans la journée. Dans les cas de circulation en journée, la circulation en voiture des agents ou le survol aérien sont incompatibles avec la quiétude du site pour les promeneurs et aussi avec leur sécurité notamment lors des balades équestres.

Nous ne pouvons pas encore expliquer tous ces résultats mais il est certain que la déoustication a un impact sur le site. Les effets sur la gestion et les visiteurs sont les plus faciles à appréhender notamment à travers l'incompréhension des visiteurs en recherche de naturalité qui s'interrogent sur la fermeture du site, en partie due à l'isolement du domaine. Ce mécontentement se trouve renforcé par l'absence d'oiseau et d'espèce emblématique qui s'en suit, tel que le Flamant rose.

Il faut donc constater là un antagonisme entre la gestion d'un espace naturel ouvert au public qui relève déjà de concessions envers la faune et la flore, et la pratique de la déoustication. Le compromis à trouver est d'autant plus complexe et moins planifiable qu'il n'est plus entre deux mais trois parties prenantes. Chacune ayant ses logiques et contraintes propres.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le personnel du SMGDP pour l'aide apporté durant les différents suivis, Nicolas Bonton et les agents techniques de l'EID pour leur collaboration, Nicolas Vincent-Martin et Michel Gauthier-Clerc.

6. BIBLIOGRAPHIE

Blanc R., 2005. Analyse des Effets du Dérangement Touristique sur les Anatidés Hivernants aux Marais du Vigueirat (Camargue, France).

Coordonnier P., 1984. Développement du poussin de Foulque macroule (*Fulica atra* L.) : éléments de détermination de l'âge dans la nature. *Bièvre*, 6(2) : 81-86

Coordonnier P. & Fournier J.Y., 1982. Critères de détermination de l'âge du canard colvert de la naissance à 9 semaines. *Bull. Mens. Off. Natl. Chasse*, 63, Note technique n°10, 4 p.

Fouque C., Corda E., Tesson J.L., Mondain-Monval J.Y, Barthe C., Dej F., Birkan M., 2004. Breeding chronology of Anatids (Anatidae) and Coots (*Fulica atra*) in France. *Game wildl. Sci.*, 21 (2) : 73-105.

Franquet E. et Fayolle S., 2002. Etude d'impact d'un éventuel traitement au B.t.i sur le territoire du Parc nature régional de Camargue. *Facultés des Sciences et Techniques de St Jérôme*.

Hafner, H., 1977. « Contribution à l'étude écologique de quatre espèces de hérons (*Egretta garzetta* L., *Ardeola ralloïdes* Scop., *Ardeola ibis* L., *Nycticorax nycticorax* L.) pendant leur nidification en Camargue. Thèse d'état. Université de Toulouse. 183 p.

Hafner H. et Pineau O., 1988. Etude de l'avifaune nicheuse du Domaine de la Palissade .

Juiguet F. & Juliard R., 2006. Suivi Temporel des Oiseaux Communs. Bilan du programme STOC pour la France en 2006.

Klein M.L., Humphrey, S.R., Percival H.F. 1995. Effects of Ecotourism on Distribution of Waterbirds in a Wildlife Refuge. *Conservation Biology* 9(6) :1454-1465.

Lafage D., Tétrel C. & Ansel O. 2006. Bilan des suivis mis en place sur le Domaine de la Palissade en parallèle aux opérations de démoustication sur le secteur Salin de Giraud, Rapport intermédiaire.

Lafage D., Ansel O. & Tetrel C. 2007. Bilan des suivis mis en place sur le Domaine de la Palissade en parallèle aux opérations de démoustication sur le secteur Salin de Giraud.

Lefeuvre J.C., 1999. Rapport scientifique sur les données à prendre en compte pour définir les modalités de l'application des dispositions légales et réglementaires de chasse aux oiseaux d'eau et oiseaux migrateurs en France.

Tamisier A. & Dehorter O., 1999. Fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver : Camargue, Canards et Foulques. *Centre Ornithologique du Gard*.

Tetrel C., Lafage D., Grach M. et Vialet E. 2006. Reproduction des Anatidés et de la Foulques macroule au Domaine de la Palissade.

Tetrel C. & Lafage D., 2009. Bilan des suivis mis en place sur le Domaine de la Palissade en parallèle aux opérations de démoustication sur le secteur Salin de Giraud.

Vincent-Martin N., 2009. Suivi Temporel des Oiseaux Communs en PACA. Bilan 2008.