

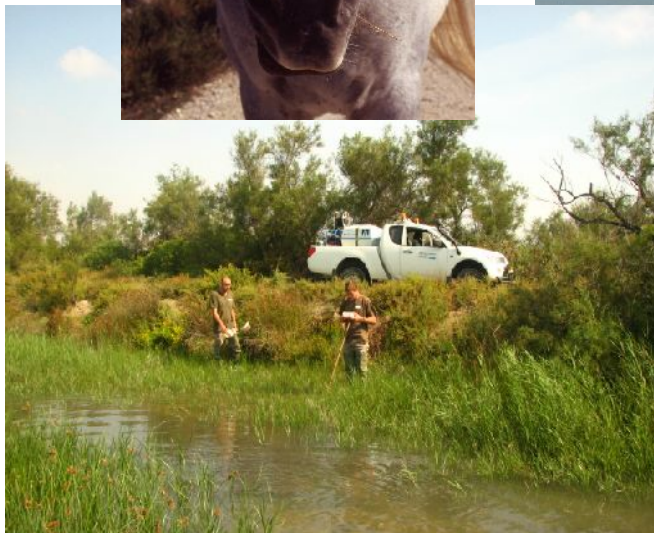


Domaine de la Palissade

BILAN DES 5 ANNEES DE SUIVI SUR LE DERANGEMENT MIS EN PLACE SUR LE DOMAINE DE LA PALISSADE EN PARALLÈLE DES OPÉRATIONS DE DÉMOUSTICATION

Rapport final 2011

Novembre 2011



Photos: SMGDP

TETREL Claire, DAL POS Nelly, BONNET Xavier, VIALET Emmanuel, GRAPIN Vincent,
CHEIRON Anaïs, ANSEL Oriane & LAFAGE Denis

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.....	5
2.3.RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....	7
2.3.1.Interventions de l'EID depuis 2006.....	7
2.3.1.Opérations aériennes.....	9
2.3.2.Opérations terrestres.....	15
2.3.3.Suivi des populations d'oiseaux d'eau.....	19
3.IMPACTS SUR LA REPRODUCTION.....	24
3.1.INTRODUCTION.....	24
3.2.MÉTHODOLOGIE.....	24
3.2.1.Suivi de la colonie arboricole d'Ardéidés.....	24
3.2.2.Suivi de la reproduction des Anatidés et des Foulques macroules.....	25
3.2.3.Suivi des passereaux nicheurs	26
3.3.RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....	27
3.3.1.Ardéidés.....	27
3.3.2.Anatidés et Foulques.....	28
3.3.3.Passereaux.....	31
4.CONTRAINTE POUR LA GESTION DU SITE.....	34
5.SYNTHESE.....	37
6.CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	42
7.BIBLIOGRAPHIE.....	44
8.ANNEXE.....	46

1. RAPPEL

À la demande du Conseil Général, une démoustication expérimentale a débuté en août 2006 pour les villes de Salin de Giraud et de Port Saint-Louis du Rhône. Cette démoustication est menée par l'Entente interdépartementale pour la Démoustication (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 démoustication 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 démoustication. 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 et l'accueil du public.

Ce document présente les résultats et le bilan des 5 années de suivis du dérangement de la démoustication expérimentale.



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 aux 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 Grand cormoran, de Grèbes, de Foulques et de Limicoles (gravelots, bécasseaux, chevaliers, avocettes, échasses...). Ces huit 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, juste après et une heure 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, à l'aide de longues-vues (x20-60) (Figure 2).

Opérations terrestres

Les agents de l'EID sont accompagnés à chaque fois en 2006, 2007 et une fois sur quatre depuis 2008 (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 (en voiture ou à pied) et la présence ou non d'un dérangement (envol), le nombre et l'espèce concernée le cas échéant ainsi que son comportement : envol (l'oiseau s'envole et se repose au même endroit), fuite (l'oiseau ne se repose pas au même endroit) ou panique (l'oiseau est perturbé et ne sait pas où se réfugier)(envol, fuite ou panique).

Suivi des populations d'oiseaux d'eau

Aux alentours de chaque 15 du mois et en dehors des jours de prospections et de traitements aériens, un compte des effectifs d'oiseaux d'eau est réalisé sur l'ensemble du site, ainsi que la mesure des salinités et ses niveaux d'eau de chaque plan d'eau. Nous utilisons ces données à partir de 2000 pour avoir un pas de temps équivalent avec et sans démoustication. Ces données sont complétées par celles de la station météo, installée en 2005, comprenant: température moyenne, température ressentie, humidité, rosée, vitesse du vent et pluviométrie.

2.2.3. Analyse des données

Opérations aériennes

Pour chaque famille d'oiseaux et pour les espèces présentes au moins sur cinq traitements aériens, nous comparons les effectifs des trois différentes sessions de comptage (AVANT, APRES et 1h APRES chaque opération aérienne), à l'aide d'un test de Wilcoxon avec une transformation préalable en $\ln(x+1)$ 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. De plus, le Domaine de la Palissade a été divisé arbitrairement en 3 zones : Z1 le Nord ; Z2 la zone centrale du site comprenant les deux plans d'eau suivis et Z3 le Sud.

Nous procédons alors à des comparaisons d'effectifs « avant », « après » et « 1h après » pour chaque opération aérienne, à l'aide d'un test de Wilcoxon. Cette même analyse est réalisée selon le mois, l'année et la zone traitée (zone incluant Z1, zone incluant Z2, zone incluant Z3, seulement Z2, seulement Z3, l'ensemble des zones Z1 Z2 Z3 et seulement Z1 (cette dernière n'est pas effectuée car nous n'avons pas assez de données).

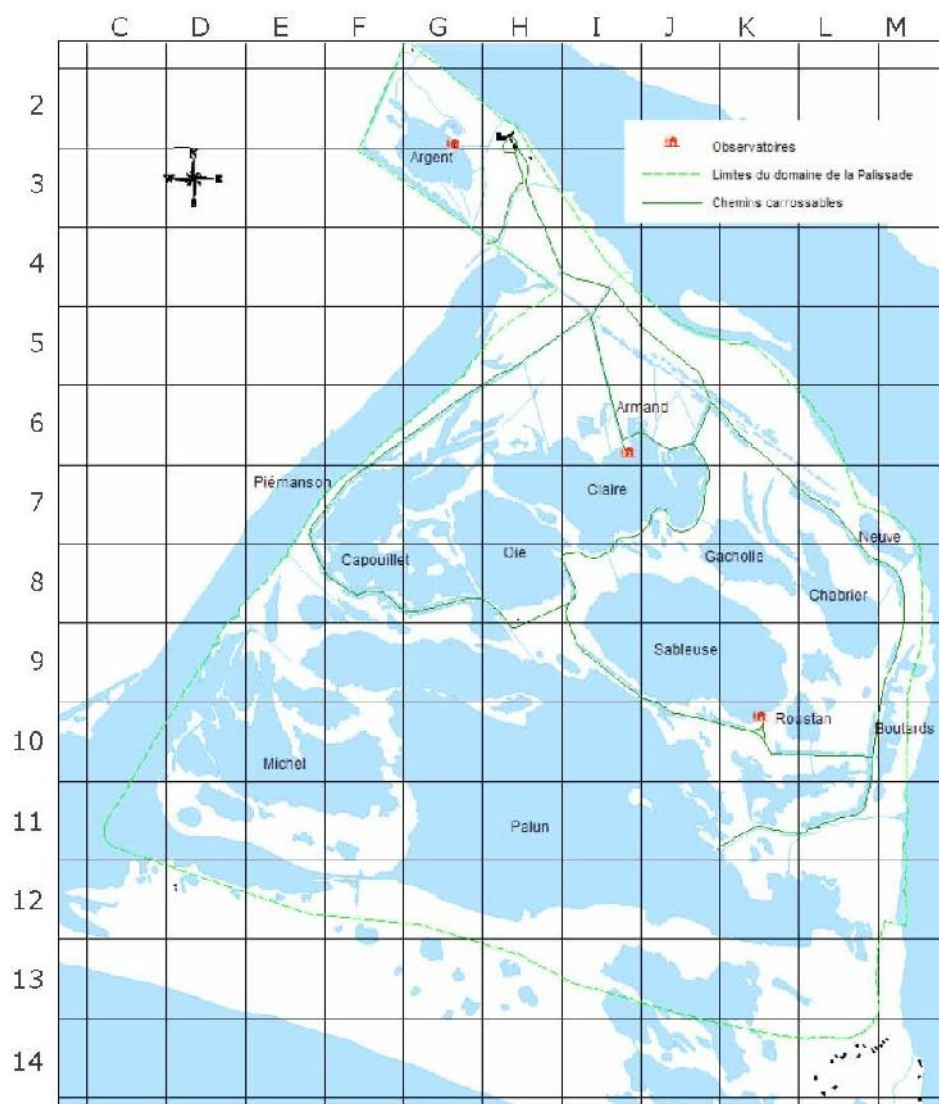


Figure 2. Carrés d'échantillonnage du Domaine de la Palissade et observatoires des baisses Claire et Sableuse.

Pour les groupes d'oiseaux où une variation des effectifs 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 :

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

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.
- Cette variable sera représentée en pourcentage de redistribution dans les graphiques.

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 2006-2011 et des dérangements occasionnés est cartographiée sous MAPINFO 10.0 (MapInfo Corporation). Une « opération » pour un carré regroupe l'ensemble des passages de l'EID dans ce carré lors de leur prospection sur le site. Les passages retour sur un même carré ne sont pas pris en compte. 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. Pour quantifier l'importance du dérangement, en terme d'oiseaux dérangés, un indice est calculé en divisant le nombre d'oiseaux dérangés par carré par le nombre de passage causant ces dérangements. Une comparaison du nombre d'oiseaux d'eau dérangés avec les effectifs des comptes mensuels est également effectuée afin d'évaluer l'ampleur du dérangement vis-à vis des populations présentes mensuellement sur le site.

Suivi des populations d'oiseaux d'eau

Afin de mettre en relation les effectifs d'oiseaux et les paramètres environnementaux, nous procédons à une Analyse Factorielle de Correspondance (AFC). Pour cela, nous somons les effectifs d'oiseaux pour chaque famille et selon deux périodes: hiver (septembre à mars) et été (avril à août), afin de prendre en compte la disparité des populations d'oiseaux d'eau entre ces deux périodes. Les paramètres tels que : le nombre de traitements aériens (TA), la surface totale des TA, le nombre de prospections terrestres sont additionnés pour chaque saison considérée, alors que les autres variables (surfaces traitées, niveaux d'eau, température ressentie, humidité, rosée, vitesse du vent, pluviométrie et salinité) sont moyennées sur ces mêmes saisons.

Les tests statistiques ont tous été effectués à l'aide du logiciel Statistica 7.1 (StatSoft, Inc.).

2.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

2.3.1. Interventions de l'EID depuis 2006

D'août 2006 à septembre 2011, l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication (EID) a effectué sur le Domaine de la Palissade : 4, 19, 23, 15, 12 et 11 traitements aériens soit 84 au total (quatre traitements ont été comptés en double car nécessitant deux survols avec plus d'une heure d'intervalle). Pour les opérations terrestres, les agents de l'EID sont venus 37 fois en 2006, 82 fois en 2007, 100 en 2008, 68 en 2009, 72 en 2010 et 89 fois en 2011 soit un total de 448 visites. Dans ce total, ne sont pas comptabilisées les opérations de capture et de piégeage des moustiques adultes, ni les visites pour relever le pluviomètre. 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 géré par le 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 se situent en avril et en septembre, qui correspondent aux mois à pluviométrie marquée et donc à éclosion massive de larves de moustiques (Figure 3). L'année 2011 a eu une météorologie exceptionnelle qui induit une répartition différente de l'activité. En effet le printemps et l'automne ont été très secs contrairement à l'été.

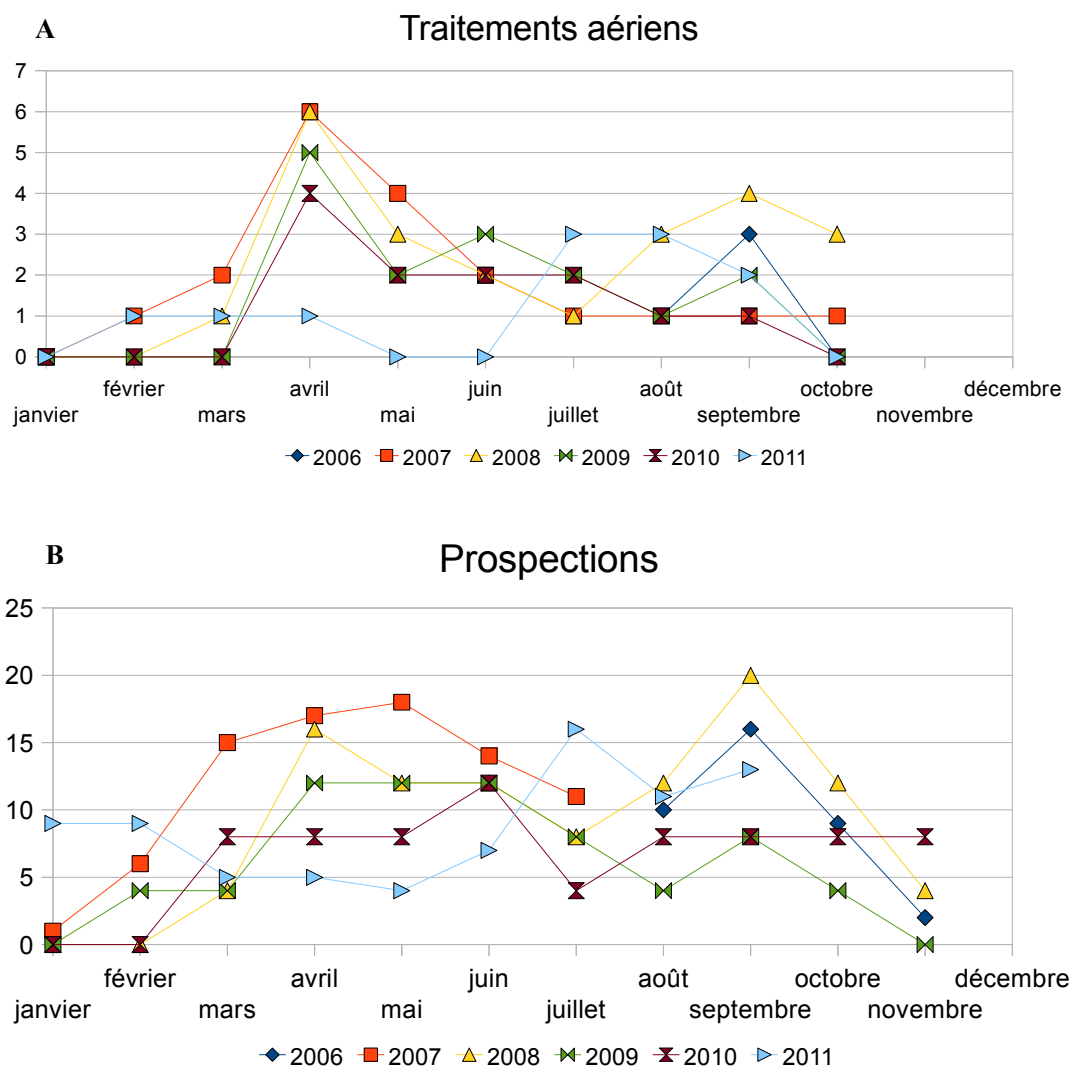


Figure 3. Activité de l'EID au cours de l'année en fonction des années de démoustication, période allant d'août 2006 à septembre 2011. **A-** Nombre de traitements aériens. **B-** Nombre de prospections des agents de l'EID sur le domaine.

En regardant le Tableau 1 nous remarquons que l'année 2008 présente le plus grand nombre de traitements aériens (TA), soit 23, et la surface survolée est la deuxième plus importante (1740 ha) après 2009 (1937 ha). En 2006 et 2009, les surfaces moyennes traitées sont les plus importantes, respectivement 154 et 129 ha. En 2007, 937 ha ont été traités en 19 TA, alors que le double de surface a été survolée en 2009 pour seulement 15 passages d'avion. De même, quatre TA en 2006 représentent 616 ha alors que pour quasiment la même surface traitée en 2011 (651 ha), il y a eu 11 survols aériens.

Bien que l'on trouve une saisonnalité dans les traitements aériens et les prospections avec deux pics d'activités, il n'existe pas d'année type. En effet, les caractéristiques de chaque année sont dépendantes essentiellement des conditions météorologiques mais également de l'expérience des agents sur le site.

Tableau 1. Détail de l'activité de l'EID par année.

Années	Nombre de traitements aériens	Moyenne des surfaces traitées (ha)	Somme des surfaces traitées (ha)	Nombre de prospections
2006	4	154	616	37
2007	19	72	937	82
2008	23	83	1740	100
2009	15	129	1937	68
2010	12	65	778	72
2011	11	59	651	89

2.3.1. Opérations aériennes

Existe-t-il une redistribution spatiale ?

Sur les 84 opérations aériennes, 60 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, ou encore que le traitement n'était pas prévu.

Nous observons que six des huit familles d'oiseaux d'eau présentent des variations significatives d'effectifs entre les sessions de comptage (Figure 4) :

- Seuls les Grèbes et les Grands cormorans ne montrent pas de variations significatives des effectifs.
- Concernant les autres familles, les effectifs d'Anatidés diminuent après le passage des avions et encore une heure après alors que pour les Laridés, Rallidés, Limicoles et Flamants roses il n'y a pas de différence entre le compte après et une heure après. Notons que seuls les Ardéidés présentent un retour des effectifs une heure après.

Au niveau spécifique (Annexe 3) nous observons plusieurs comportements :

- Dans le cas des Limicoles, les résultats de 2009 montraient un test non significatif ($p=0,0953$) mais proche de la valeur seuil ($p<0,05$). Ceci était 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, 60 à 100% des Courlis cendrés, Échasses blanches, Chevaliers gambettes et Pluviers argentés s'envolent bien plus loin.
- Les Anatidés présentent également une hétérogénéité des comportements des espèces face au survol aérien. En effet, aux vues des observations pendant ce suivi, les Cygnes tuberculés semblent moins sensibles aux avions en comparaison des Canards colverts : respectivement 38% contre 5% de TA avec des effectifs identiques avant et après les survols, et seulement 53% contre 72% des traitements qui redistribuent au maximum 60% des effectifs (dont 34% des Cygnes tuberculés et 53% des Canards colverts fuient le site).

Pour autant la présence de Cygnes tuberculés n'affecte pas la significativité des résultats contrairement aux résultats selon la zone traitée (cf paragraphe traitant des analyses sur les zones de traitements).

Il semble donc qu'il n'y ait pas d'effet « groupe » ou d'effet entraînement dans la distribution et la redistribution des Cygnes tuberculés puisque, qu'ils soient en petit ou grand nombre, il n'y a qu'un faible pourcentage de fuite. Alors qu'il semble y avoir un effet de groupe chez les Canards chipeaux, les Sarcelles d'hiver, les Canards souchets et les Tadornes de Belon, car respectivement 33%, 47%, 50% et 58% des traitements aériens engendrent une diminution de 100% des individus.

En se concentrant sur les différences « avant » et « après » le passage des avions, nous observons qu'il y a également des variations significatives pour les mêmes six familles d'oiseaux étudiés (Tableau 2). Contrairement à 2009, où quatre groupes d'oiseaux présentaient une différence significative et cinq en 2010. Les opérations aériennes modifient la distribution spatiale des Anatidés pour les Canards chipeaux, les Canards colverts, les Cygnes tuberculés, les Sarcelles d'hiver, les Canards siffleurs, les Canards souchets et les Tadornes de Belon ; des Ardéidés seulement pour les Hérons cendrés ; des Laridés pour les Goélands leucophées ; des Flamants roses ; des Limicoles pour les Chevaliers gambettes, les Courlis cendrés, les Échasses blanches et les Pluviers argentés ; et enfin des Foulques macroules.

Il y a donc une redistribution des oiseaux d'eau avant et après les traitements aériens. Seuls les hérons reviennent sur les baisses une heure après les traitements. De plus, certaines familles montrent avec les années des variations significatives. Ceci peut être du au moyen terme de ce suivi qui permet d'avoir plus d'échantillons avec les années pour les familles présentant peu d'effectifs.

Tableau 2. Test de Wilcoxon pour chacun des groupes d'oiseaux et espèces. N, nombre de paires (AVANT & APRES); Z, statistique du test ; *p*, seuil de significativité (***) pour $p < 0,001$; ** pour $p < 0,005$; * pour $p < 0,05$; ns pour non significatif).

Familles	Espèces	N	Z	<i>p</i>	
Anatidés		64	4,988	0,000	***
	Canard chipeau	40	3,341	0,001	***
	Canard colvert	62	4,612	0,000	***
	Canard siffleur	6	2,023	0,043	*
	Canard souchet	17	2,442	0,015	*
	Cygne tuberculé	60	2,121	0,034	*
	Nette rousse	5	1,604	0,109	ns
	Sarcelle d'été	9	0,676	0,499	ns
	Sarcelle d'hiver	15	2,481	0,013	*
Tadorne de Belon	28	3,041	0,002	**	
Ardéidés		56	3,228	0,001	***
	Aigrette garzette	52	1,730	0,084	ns
	Grande aigrette	21	0,943	0,345	ns
	Héron cendré	43	3,408	0,001	***
Laridés		63	2,553	0,011	*
	Goéland leucophée	60	3,097	0,002	**
	Mouette rieuse	32	0,625	0,532	ns
	Sterne caspienne	6	1,461	0,144	ns
	Sterne naine	12	1,066	0,286	ns
Limicoles		43	3,409	0,001	***
	Avocette élégante	25	0,909	0,363	ns
	Chevalier aboyeur	15	0,255	0,799	ns
	Chevalier gambette	27	2,859	0,004	**
	Courlis cendré	17	3,296	0,001	***
	Échasse blanche	25	2,427	0,015	*
	Pluvier argenté	14	2,471	0,013	*
Phalacrocoracidés	Grand cormoran	23	1,758	0,079	ns
Phoenicoptéridés	Flamant rose	52	5,923	0,000	***
Podicipédidés	Grèbe huppé	43	1,854	0,064	ns
Rallidés	Foulque macroule	33	2,656	0,008	**

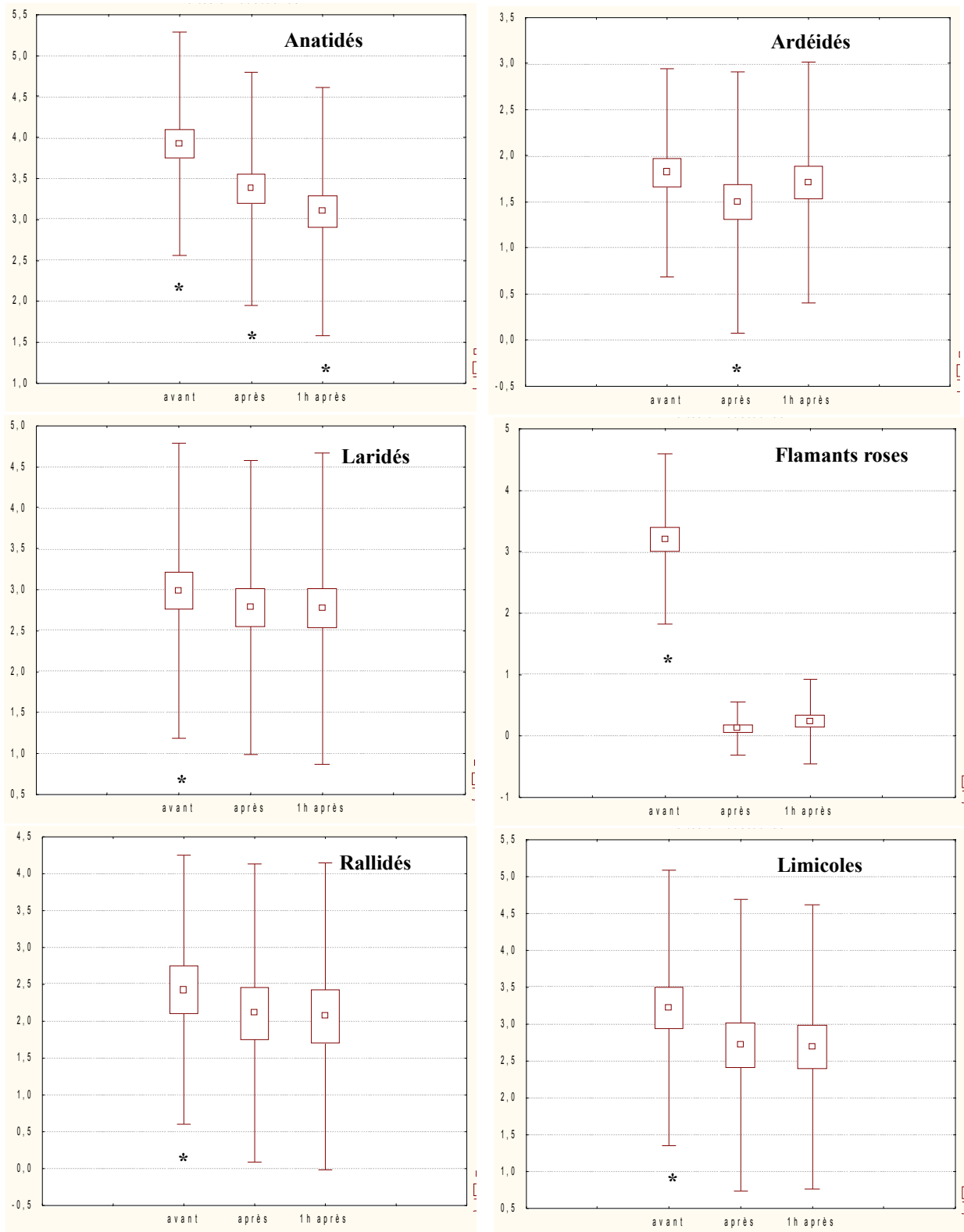
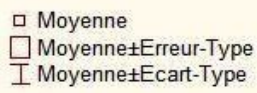


Figure 4. Boîtes à moustaches représentant les moyennes des transformations $\ln(x+1)$ des effectifs en fonction du comptage avant, après et 1h après les traitements aériens pour les 6 familles présentant des effectifs qui varient significativement, * différence significative (test de Wilcoxon).

Direction et ampleur de la redistribution

Nous examinons maintenant la direction et l'ampleur de la redistribution pour les six familles où cette dernière est effective (Figure 5).

En ce qui concerne la direction de la redistribution :

- D'une manière générale, les opérations aériennes provoquent le plus souvent une diminution (plus de 50% de diminution, sauf pour les rallidés) 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 98 % des cas pour les Flamants, 97 % pour les Anatidés, 80 % pour les Ardéidés, 86 % pour les Laridés et 92 % pour les Limicoles, 58% pour les Rallidés.

Regardons maintenant l'ampleur de la redistribution, quelle que soit sa direction (augmentation ou diminution) :

- Pour les Flamants roses, on assiste systématiquement à une redistribution complète des effectifs. 96% des traitements où les Flamants roses étaient présents à un moment donné ont vu le départ de la totalité des individus. Pour un seul traitement, quelques individus sont apparus alors qu'ils n'étaient pas présents au début du traitement et un autre où l'effectif n'a pas changé.
- On observe une redistribution de plus d'un quart des effectifs (c'est-à-dire $|R| > 0.1$) dans 52% des traitements pour les Ardéidés, 69% pour les Limicoles, 84% pour les Anatidés et 63% pour les Laridés.

Analyses mensuelle et annuelle (Tableaux en Annexe 1)

Nous observons des différences des effectifs entre « avant » et « après » le passage des avions et cela au niveau mensuel, annuel et spécifique :

- les Flamants roses ont des effectifs significativement différents pour 5 mois de l'année: avril ($p=0,001$), mai ($p=0,018$), juillet ($p=0,043$), août ($p=0,028$) et septembre ($p=0,012$) ainsi que pour les 4 dernières années : 2008 ($p=0,001$), 2009 ($p=0,038$), 2010 ($p=0,008$), 2011 ($p=0,005$). Nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence significative pour l'année 2006 ($p>0,05$), sans doute dû à un faible échantillon (seulement 3 TA suivis).

- Les Anatidés présentent des variations d'effectifs significatives pour les mois d'avril ($p=0,016$), d'août ($p=0,046$) et septembre ($p=0,011$) ainsi que pour les années 2008 ($p=0,001$) et 2011 ($p=0,01$).

- Les Ardéidés présentent des résultats significatifs en avril ($p=0,011$) et mai ($p=0,043$) et annuellement en 2007 ($p=0,028$) et 2008 ($p=0,023$).

- Les Laridés montrent des variations d'effectifs en mai ($p=0,046$) et en 2008 ($p=0,009$).

- Les Foulques macroules varient significativement seulement en 2007 ($p=0,028$).

Enfin, 5 des 6 espèces ayant des différences significatives entre avant et après le passage d'un avion le sont pour l'année 2008, soit : Anatidés, Flamant rose, Ardéidés, Laridés et Limicoles ($p=0,011$).

Analyse par zone de traitement (Tableau en Annexe2)

Les Anatidés (Canard chipeau et Canard colvert), les Flamants roses, les Courlis cendrés et les Hérons cendrés présentent, quelque soit la zone, des résultats significativement différents entre avant et après un traitement aérien. Notons que les résultats pour le Héron cendré montrent une meilleure significativité pour la Z2 incluse ($p=0,000$) que pour la Z1 incluse ($p=0,036$).

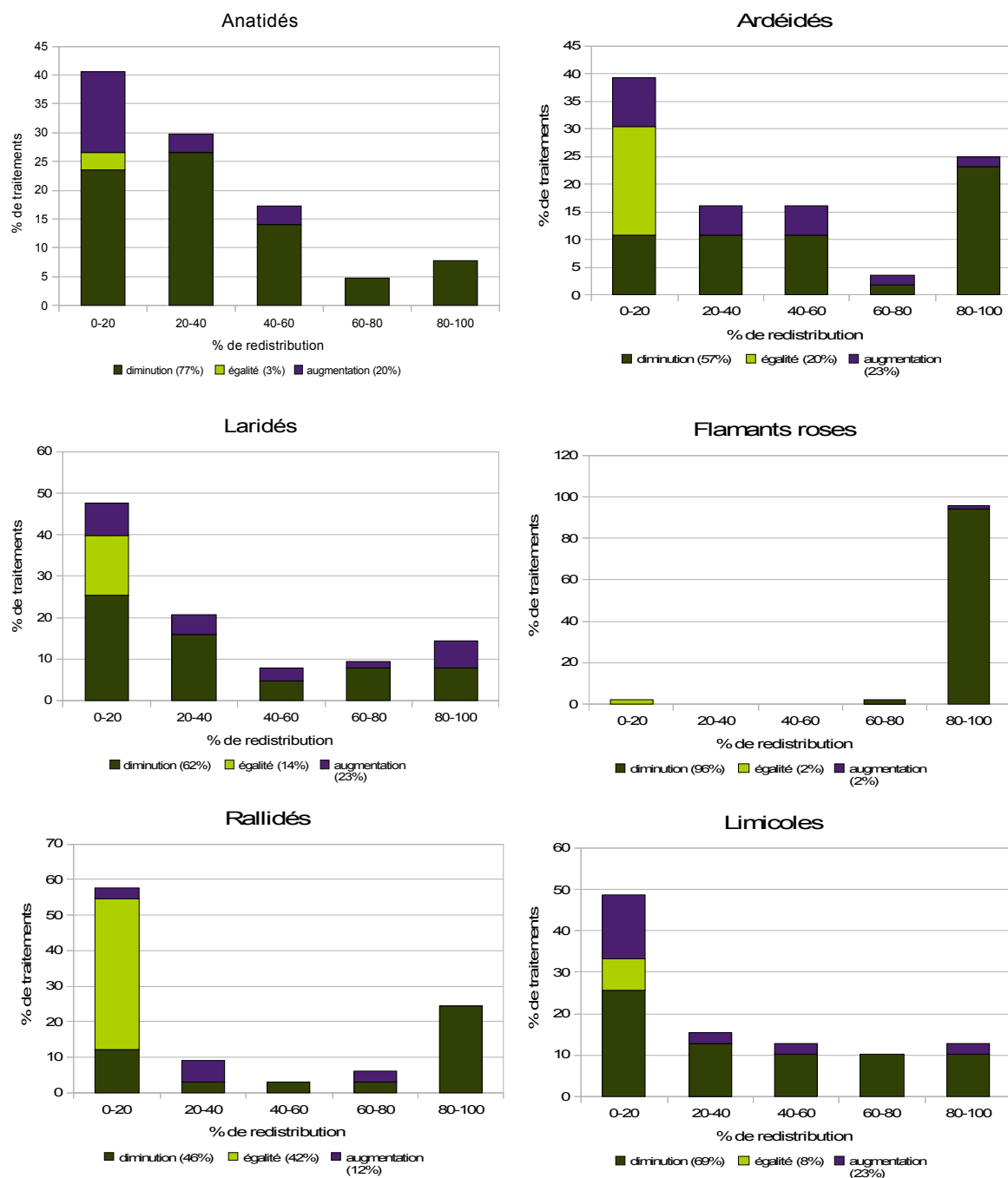


Figure 5. Pourcentage de redistribution pour les six familles variant significativement par traitement aérien avant et après le passage des avions. En vert foncé les traitements provoquant une diminution des effectifs ; en violet une augmentation ; en vert clair une égalité.

En ce qui concerne les autres familles, nous observons que les effectifs d'Ardéidés, Cygnes tuberculés et Limicoles ne sont pas significativement différents, avant et après les traitements aériens, seulement lorsque le survol inclut la Z1 (respectivement $p = 0,147$; $0,485$ et $0,088$). Cependant ils sont significativement différents lorsqu'il y a survol incluant la Z2 (respectivement $p = 0,005$; $0,026$; $0,002$) et la Z3 (seulement pour les ardéidés $p = 0,022$ et les Limicoles $p = 0,005$). En regardant les résultats des traitements concernant seulement la Z2, seul les Ardéidés présentent une différence significative des effectifs ($p = 0,028$). De plus, les avions qui sont passés uniquement sur la Z2 impliquent des différences d'effectifs pour les Grands cormorans ($p = 0,018$) alors qu'ils ne sont pas significatifs dans les résultats globaux.

Pour autant ils montrent une faible variation non significative lorsque le survol se fait notamment au dessus des zones Z1 ($p=0,917$) et Z2 ($p=0,060$).

2.3.2. Opérations terrestres

Depuis 2006 les prospections terrestres des agents 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 débute au niveau des bâtiments, 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 logiquement la plus utilisée. 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 mer (empleins) au Sud de la digue vers la Palun. Le long de la digue principale 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. Ils abritent cependant 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 la digue par l'EID, 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, L11, L7, M8 & J6, tous situés sur cet axe J6-L11 (Figure 5B1).

Si on raisonne maintenant 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, I9, I7 & J6 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.

En regardant le rapport nombre d'oiseaux dérangés / nombre de dérangements (Figure 5C), nous remarquons que l'importance du dérangement est aussi maximum sur les zones les moins fréquentées par le public, c'est-à-dire en dehors de la digue centrale, notamment la Baisse Michel (interdite au public et peu prospectée par le SMGDP), et le complexe Oie-Capouillet / Baisse Claire / Sableuse.

La case **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.

Au total les prospections suivies ont abouti au dérangement de 12 700 oiseaux d'eau dont plus de 10 000 anatidés de 2006 à 2011.

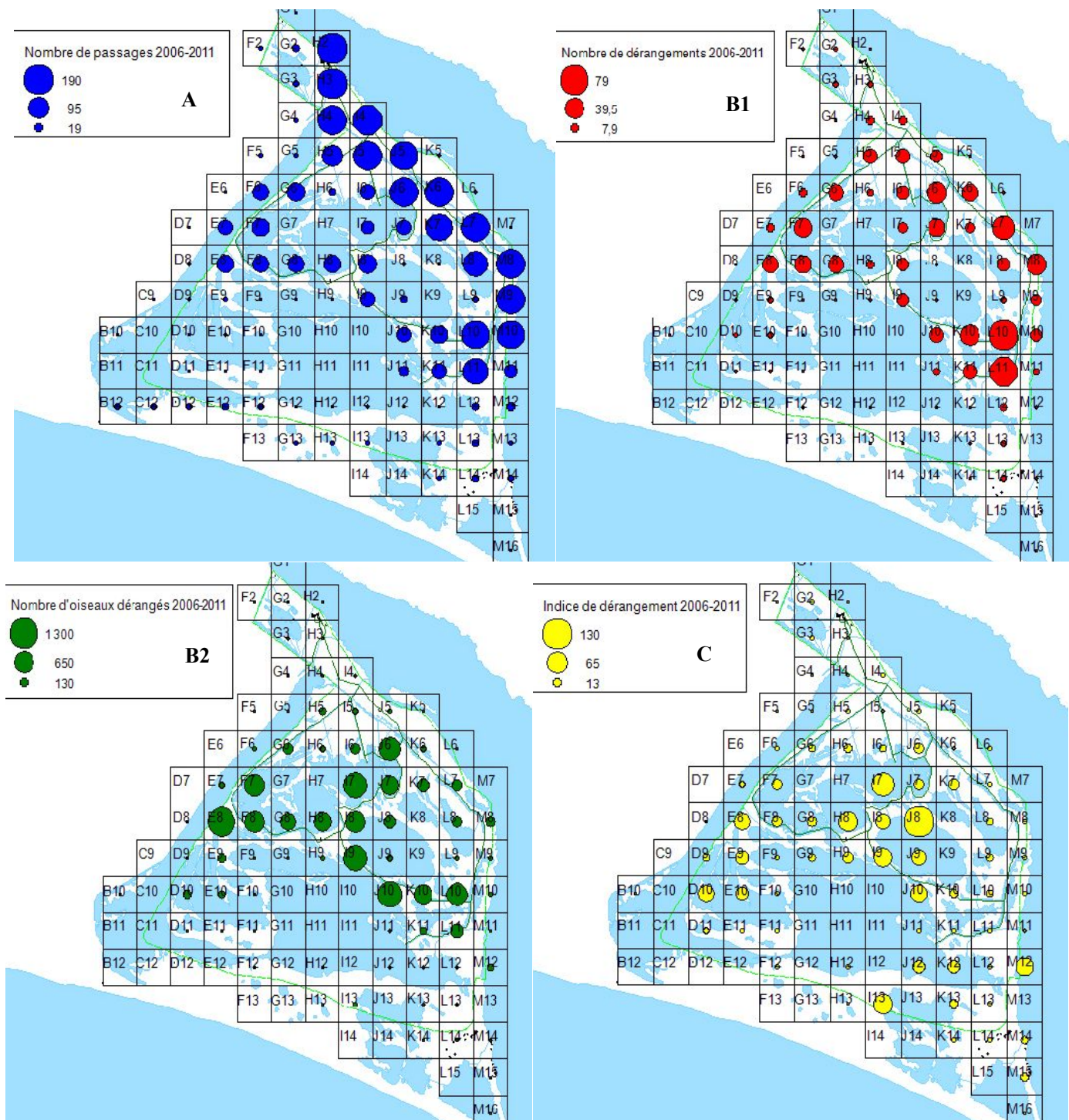


Figure 5. Répartition des opérations terrestres de l'EID depuis 2006 (A) ; des dérangements occasionnés chez les oiseaux d'eau (B), dérangements exprimés soit en termes d'occurrence, i.e. nombre d'opérations avec dérangement (1), soit en termes d'abondance, i.e. nombre total d'oiseaux dérangés (toutes espèces confondus) (2) et l'importance du dérangement B2/B1 (C).

Sur toute la période d'expérimentation (Figure 6 et cartes en Annexe 4), il n'y a pas de différence significative du dérangement des prospections entre les années (test de KW NS). Nous pouvons noter le pic de passages et de dérangement en 2007 ainsi que le nombre d'oiseaux dérangés en 2006. En effet ces deux années correspondent aux premières années pour lesquelles toutes les prospections étaient suivies. De plus ce sont sur ces deux périodes que les agents de l'EID ont effectué leur cartographie des zones productrices de larves de moustiques. Les années suivantes certaines zones n'étaient donc plus nécessaires à prospector (la Baisse Michel par exemple, D E F 8 à 12).

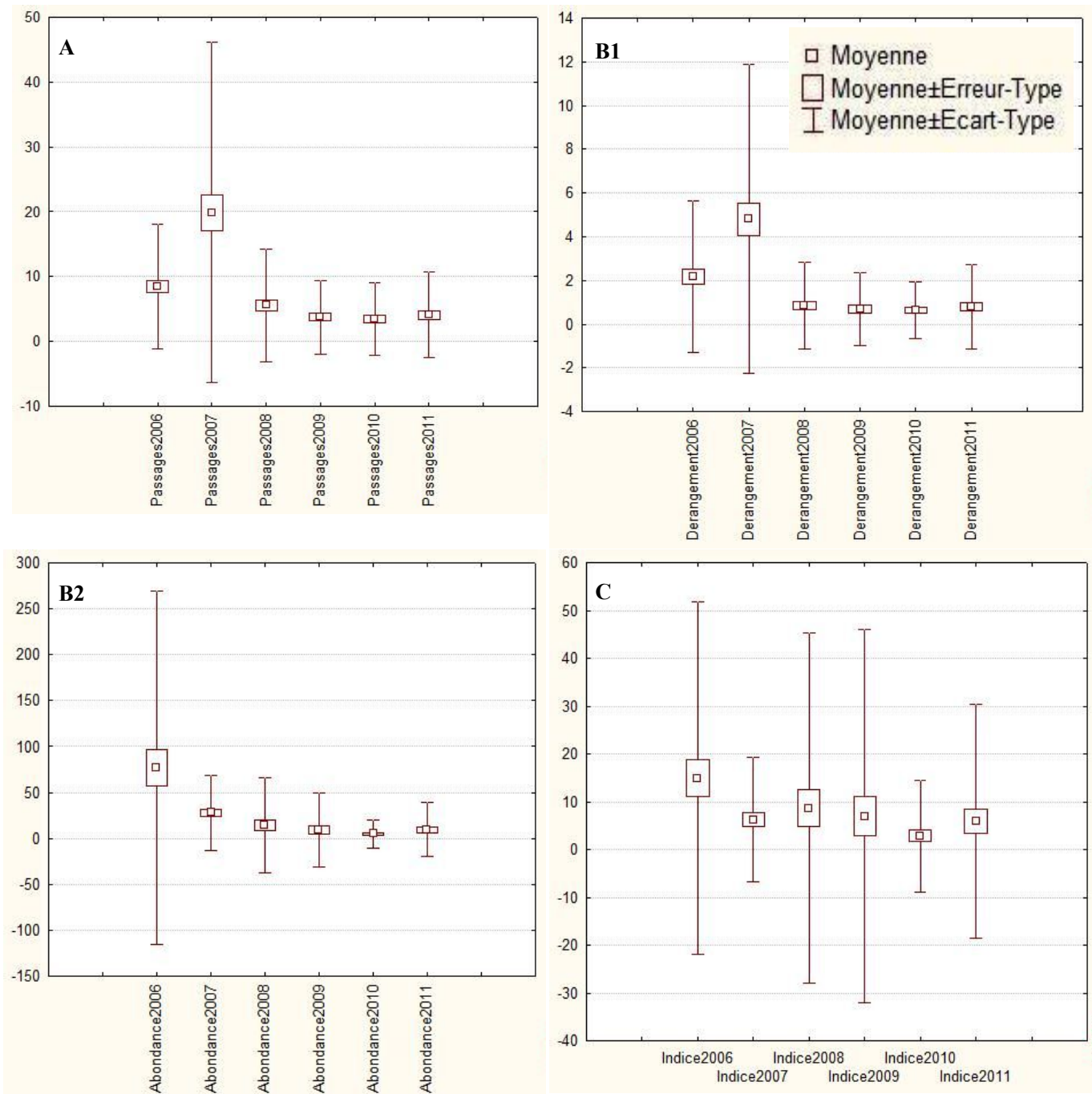


Figure 6. Boîtes à moustaches représentant la moyenne annuelle des prospections de l'EID de 2006 à 2011; nombre de passages (A) ; dérangements occasionnés chez les oiseaux d'eau (B), dérangement exprimé soit en termes d'occurrence, i.e. nombre d'opérations avec dérangement (1), soit en termes d'abondance, i.e. nombre total d'oiseaux dérangés (toutes espèces confondus) (2) et l'indice de dérangement B2/B1 (C).

En regardant les détails de ces prospections, nous observons plusieurs choses :

- Tout d'abord, 78% des dérangements occasionnés sont dus à des passages en voiture. En effet, la majorité des oiseaux dérangés se sont déjà envolés quand les agents sortent de leur voiture. Par contre les 22% d'oiseaux dérangés à pied le sont dans les endroits loin des voitures et des chemins de visites, à l'intérieur des terres.

- Au niveau spécifique, 65% des oiseaux dérangés sont des Anatidés, 10% des Limicoles, 9% des Ardéidés, 1% des Rallidés et 15% autres (Grand cormorans, Laridés, Grèbes, ...). La majorité des comportements face au dérangement sont des comportements de fuites (64%) et dans une moindre mesure d'envol (30%). Les mouvements de panique ont été peu observés et concernent de grands groupes d'Anatidés ou de Laridés (6%) dérangés en une seule fois. Les Anatidés et les Ardéidés présentent plutôt des comportements de fuite (respectivement 83% et 65%) alors que les Rallidés, Limicoles et Laridés des comportements d'envol (respectivement 0%, 18% et 16%).

- Au niveau mensuel, nous observons que les mois les plus dérangementants sont les mois d'avril, mai et juin où certaines familles présentent plus de la moitié des effectifs dérangés par rapport aux comptes mensuels (Tableau 3), alors que ce sont les comptes les plus bas de l'année. Ce qui veut dire que le peu d'oiseaux présents sont les plus dérangés.

Tableau 3. Test de Wilcoxon pour chacun des groupes d'oiseaux et espèces. N, nombre de paires (AVANT & APRES); Z, statistique du test ; p, seuil de significativité (***) pour $p < 0,001$; ** pour $p < 0,005$; * pour $p < 0,05$; ns pour non significatif).

Mois	Espèces	Moyenne 2006-2011 du compte mensuel	Moyenne 2006-2011 du nombre d'oiseaux dérangés/h	Oiseaux dérangés/h/moyenne compte mensuel en %	Mois	Espèces	Moyenne 2006-2011 du compte mensuel	Moyenne 2006-2011 du nombre d'oiseaux dérangés/h	Oiseaux dérangés/h/moyenne compte mensuel en %
Janvier	Anatidés	4742	23,96	0,51	Juillet	Anatidés	1074,2	5,24	0,49
	Ardéidés	30	1,56	5,21		Ardéidés	120,2	4,58	3,81
	Rallidés	1030	0,52	0,05		Rallidés	33	0	0
	Limicoles	45	0	0		Limicoles	336,4	11,68	3,47
	Autres	469	53,13	11,33		Autres	867,6	6,46	0,74
	Total	6316	79,17	1,25		Total	2431,4	27,97	1,15
Février	Anatidés	1110,33	5,42	0,49	Août	Anatidés	730,2	23,1	3,16
	Ardéidés	13	0,56	4,34		Ardéidés	101	10,95	10,84
	Rallidés	466	0,03	0,01		Rallidés	234	80,06	34,21
	Limicoles	41,67	0,2	0,47		Limicoles	238,8	2,68	1,12
	Autres	304	2,98	0,98		Autres	834,8	21,78	2,61
	Total	1935	9,18	0,47		Total	2138,8	52,93	2,47
Mars	Anatidés	388,2	50,72	13,06	Septembre	Anatidés	1577,4	53,84	3,41
	Ardéidés	15,8	2,73	17,28		Ardéidés	37,8	4,71	12,45
	Rallidés	67,2	1,8	2,68		Rallidés	333,6	0,26	0,08
	Limicoles	184,6	10,21	5,53		Limicoles	332	0,79	0,24
	Autres	350,4	4,83	1,38		Autres	460,4	7,46	1,62
	Total	1006,2	70,12	6,97		Total	2741,2	67,05	2,45
Avril	Anatidés	117,2	74,43	63,51	Octobre	Anatidés	1695,8	120,4	7,1
	Ardéidés	12	11,96	99,69		Ardéidés	22,8	2,08	9,12
	Rallidés	17,6	0,23	1,3		Rallidés	584,4	2,46	0,42
	Limicoles	140,2	3,48	2,48		Limicoles	177,8	22,89	12,87
	Autres	129	12,51	9,7		Autres	338,6	2,54	0,75
	Total	416	102,61	24,67		Total	2819,4	150,37	5,33
Mai	Anatidés	74	57,19	77,28	Novembre	Anatidés	2786,5	7,91	0,28
	Ardéidés	14,25	13,06	91,64		Ardéidés	34	1,9	5,6
	Rallidés	7	0,19	2,66		Rallidés	600,5	0	0
	Limicoles	16,5	5,29	32,04		Limicoles	141	1,9	1,35
	Autres	110,5	1,26	1,14		Autres	367,5	0,24	0,06
	Total	222,25	76,98	34,64		Total	3929,5	11,96	0,3
Juin	Anatidés	166,8	23,7	14,21	Total	Anatidés	14462,63	445,91	3,08
	Ardéidés	32,4	13,68	42,22		Ardéidés	433,25	67,78	15,64
	Rallidés	13,6	0	0		Rallidés	3386,9	85,55	2,53
	Limicoles	45,8	10,81	23,61		Limicoles	1699,77	69,93	4,11
	Autres	208,8	26	12,45		Autres	4440,6	139,16	3,13
	Total	467,4	74,19	15,87		Total	24423,15	722,53	2,96

En résumé, l'intensité du dérangement est une combinaison de la fréquence de passages de l'EID et de la répartition des oiseaux d'eau. Quand les agents de l'EID prospectent aux abords des grands plans d'eau, ce sont des centaines d'oiseaux qui sont dérangés en une seule occasion. Mais ce ne sont pas les secteurs les plus prospectés par l'EID. Deux secteurs ont été identifiés à fort dérangement, au niveau de la Baisse Claire (J6) et au bout de la digue centrale (L11).

De plus, conscients des dérangements occasionnés, les agents de l'EID connaissent également mieux les endroits les plus sensibles et y vont avec parcimonie.

2.3.3. Suivi des populations d'oiseaux d'eau

Nous avons voulu évaluer s'il existait des liens entre les données issues du suivi démoustication et nos données propres. Pour évaluer des correspondances entre ces variables notre choix s'est porté sur une AFC, technique la plus à même de faire une première appréciation de la situation. Celle-ci est réalisée sur les comptes d'été (avril à août) et d'hiver (septembre à mars) et nous permet d'obtenir deux graphiques par saison. Tout d'abord pour l'été, 80% des variations peuvent être expliqués par 3 axes factoriels (soit 52%, 15% et 13% respectivement pour les axes 1, 2 et 3, Figure 7). Pour ce qui est de l'hiver, 82% des variations peuvent être expliqués par 3 axes factoriels (soit 58%, 14% et 10% respectivement pour les axes 1, 2 et 3, Figure 8). Un peu moins de 20% des variations pour les deux saisons ne pourront être expliqués.

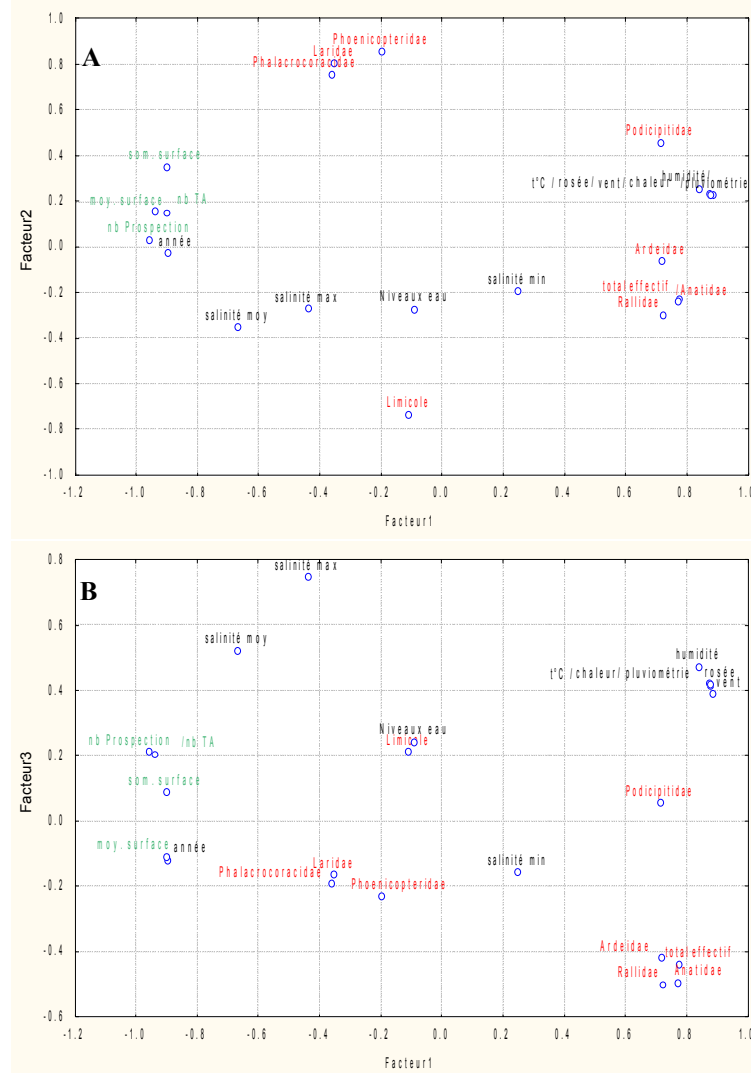


Figure 7. AFC pour la saison d'été, **A** représente 52% des variances par l'axe 1 en abscisse et 15% des variances par l'axe 2 en ordonnée. **B** explique en plus 13% de variance par l'axe 3, en ordonnée. En rouge les effectifs des familles, en vert les variables de la démoustication et en noir les variables environnementales.

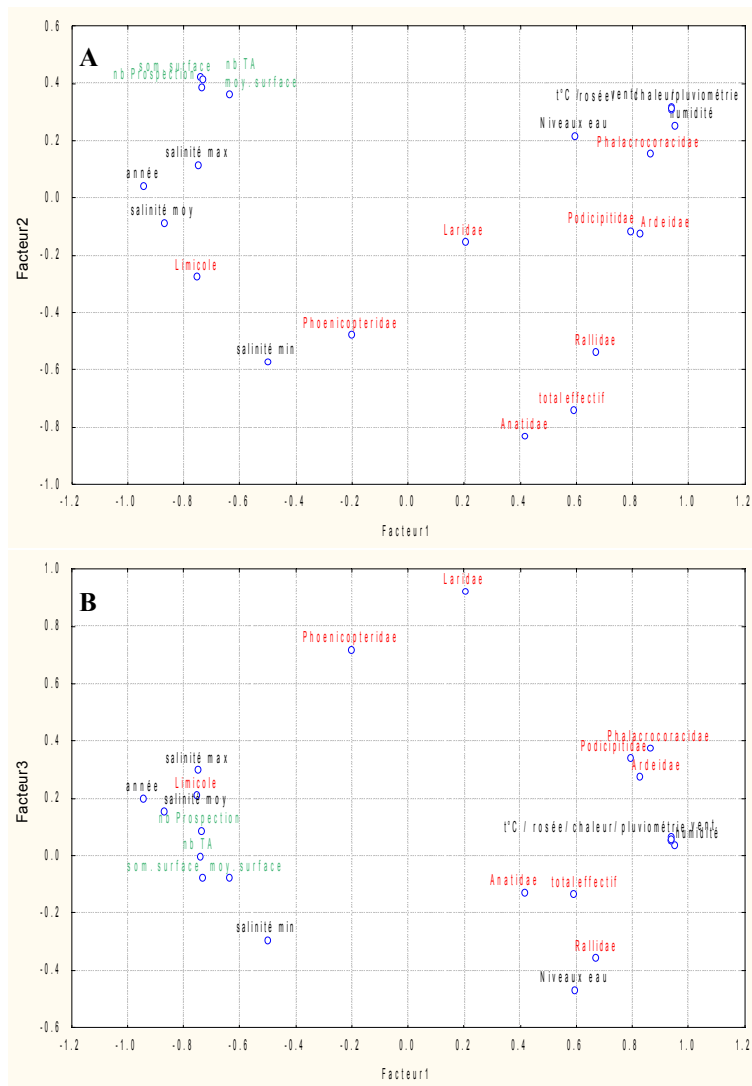


Figure 8. AFC pour la saison d’hiver ; **A** représente 57% des variances par l’axe 1 en abscisse et 14% des variances par l’axe 2 en ordonnée. **B** explique en plus 10% de variance par l’axe 3, en ordonnée. En rouge les effectifs des familles, en vert les variables de la démoustication et en noir les variables environnementales.

Les variables telles que : l’année, le total des effectifs des comptes mensuels, les Anatidés, les Ardéidés, les Rallidés, les Podicipédidés, le nombre de TA, la somme des surfaces traitées, la moyenne des surfaces traitées, le nombre de prospections, la chaleur, la température, l’humidité, la rosée, la vitesse du vent et la pluviométrie contribuent significativement à l’axe 1 (valeur absolue > 0,7) en été ; alors que l’axe 2 isole les critères suivant : les Limicoles, les Laridés, les Phalacrocoracidés et les Phoenicoptéridés (valeur absolue > 0,7) et enfin la salinité maximale participe significativement à l’axe 3 (Tableaux 4 et 5).

Tableau 4. AFC pour la saison été (avril à août).

Axes	Valeur propre	% total de variance	Cumul valeur propre	Cumul en %
1	12,54317	52,26321	12,54317	52,26321
2	3,69171	15,38212	16,23488	67,64533
3	3,13172	13,04883	19,36660	80,69416
4	2,08402	8,68341	21,45062	89,37756
5	1,25197	5,21656	22,70259	94,59412

Tableau 5. Poids factoriel des axes de l'AFC pour la saison été (avril à août).

Variables	Axe 1	Axe 2	Axe 3
total effectif	0,77738	-0,231492	-0,441722
Anatidae	0,77135	-0,245070	-0,498854
Ardeidae	0,71877	-0,066723	-0,423152
Rallidae	0,72212	-0,300788	-0,505709
Limicole	-0,10814	-0,737335	0,208758
Laridae	-0,35001	0,797244	-0,166715
Phalacrocoracidae	-0,35872	0,755290	-0,194865
Phoenicopteridae	-0,19558	0,855375	-0,233517
Podicipitidae	0,71555	0,452737	0,053929
nb TA	-0,93359	0,148225	0,201893
somme surface traitée	-0,89942	0,347419	0,085119
moyenne surface traitée	-0,90009	0,145338	-0,111960
nb Prospection	-0,95489	0,028181	0,209919
niveaux eau moy	-0,08910	-0,279970	0,237715
chaleur resenti	0,87917	0,223968	0,412946
température moy	0,87958	0,222941	0,412685
humidité	0,84081	0,253896	0,470401
rosée	0,87610	0,225918	0,418586
vitesse vent	0,88726	0,221945	0,385675
pluviométrie	0,87952	0,220005	0,414677
salinité moy	-0,66585	-0,354503	0,521027
salinité max	-0,43630	-0,274071	0,745094
salinité min	0,25089	-0,197078	-0,158991
valeur explicative	12,54317	3,691708	3,131719
% total de la variance	52,26	15,38	13,05

Par contre pour la saison d'hiver, l'axe factoriel 1 est très corrélé (valeur absolue > 0,7) à l'année, les Ardéidés, les Limicoles, les Phalacrocoracidés, les Podicipédidés, le nombre de TA, la somme des surfaces traitées, le nombre de prospection, la chaleur, la température, l'humidité, la rosée, la vitesse du vent, la pluviométrie, la salinité moyenne et la salinité maximale ; alors que les variables « total des effectifs » et Anatidés contribuent fortement à l'axe 2 et celles des Laridés et Phoenicoptéridés à l'axe 3 (Tableaux 6 et 7).

Tableau 6. AFC pour la saison hiver (septembre à mars).

Axes	Valeur propre	% total de variance	Cumul valeur propre	Cumul en %
1	13,83475	57,64481	13,83475	57,64481
2	3,50346	14,59776	17,33822	72,24257
3	2,40018	10,00075	19,73840	82,24332
4	1,28368	5,34866	21,02208	87,59198
5	1,11813	4,65889	22,14021	92,25087

Tableau 7. Poids factoriel des axes de l'AFC pour la saison hiver (septembre à mars).

Variables	Axe 1	Axe 2	Axe 3
total effectif	0,59196	-0,743562	-0,136514
Anatidae	0,42036	-0,832992	-0,131368
Ardeidae	0,83234	-0,128402	0,273365
Rallidae	0,67327	-0,542057	-0,359833
Limicole	-0,74861	-0,276805	0,205535
Laridae	0,20396	-0,156377	0,921277
Phalacrocoracidae	0,86603	0,152339	0,372033
Phoenicopteridae	-0,19792	-0,482085	0,718837
Podicipitidae	0,79680	-0,117243	0,338126
nb TA	-0,73810	0,421721	-0,004366
somme surface traitée	-0,73092	0,413523	-0,079991
moyenne surface traitée	-0,63396	0,359201	-0,082146
nb Prospection	-0,73514	0,385274	0,083660
Niveaux eau moy	0,59723	0,214347	-0,473082
heat	0,93928	0,312454	0,053264
température moy	0,93931	0,312529	0,053487
humidité out	0,95244	0,252876	0,031591
rosée	0,94078	0,308273	0,051879
vitesse vent	0,93780	0,318615	0,062321
pluviométrie	0,93979	0,311579	0,054309
salinité moy	-0,86770	-0,088737	0,151675
salinité max	-0,74459	0,114025	0,297114
salinité min	-0,49911	-0,572962	-0,297652
valeur explicative	13,83475	3,503462	2,400181
% total de la variation	57,64	14,6	10

Si l'on s'intéresse aux graphiques (Figures 7 et 8) et à la matrice de corrélations (Annexe 5), tout d'abord, les niveaux d'eau, les salinités maximales et minimales ne sont corrélés à aucune autre variable.

Ensuite, les variables météorologiques (température, rosée, vitesse du vent, pluviométrie, humidité et chaleur) sont du même côté des graphiques d'été et d'hiver, que le total des effectifs, les Anatidés, les Ardéidés et les Rallidés. Il y a donc très faible corrélation positive (matrice de corrélation $<0,5$) dans leurs variations en été et en hiver. Ces mêmes corrélations sont fortes avec les Ardéidés en hiver ($>0,7$). Par contre, toutes ces variables sont significativement et négativement très corrélées ($>-0,7$) avec les paramètres de la démoustication (nombre de TA, somme surfaces, moyenne des surfaces traitées, nombre de prospections) en été et en moindre mesure en hiver ($>-0,5$). Cela signifie que quand il y a de faible température et vitesse de vent, peu de pluie, de rosée et d'humidité, il y a plus de traitements aériens, de prospections, de forte sommes de surfaces traitées pendant la saison d'été ce qui engendrera moins d'effectifs total, d'Anatidés, d'Ardéidés et de Rallidés. Les variables environnementales ont un effet moindre mais similaire en hiver pour les mêmes familles citées plus haut.

En regardant les résultats des différentes espèces nous observons que :

- Pour ce qui est des Podicipédidés, leur variance est fortement corrélée aux paramètres météorologiques ($>0,7$) mais faiblement et négativement corrélée à ceux de la démoustication (entre $-0,50$ et $-0,70$) aussi bien en été qu'en hiver. Cette famille, représentée entre autre par les Grèbes huppés, est plus abondante lors de pluie, de vent, de température, de rosée et d'humidité fortes et se raréfie quelque peu quand il y a de nombreux traitements aériens, prospection et de grandes surfaces traitées.

- Les Laridés et les Phoenicoptéridés suivent les mêmes variations en été et en hiver (corrélation $>0,7$). Cependant, les effectifs de ces familles, ne peuvent être expliqués par les variables environnementales selon les saisons. Il semblerait que malgré les énormes stress provoqués lors des passages d'avion et/ou de prospections, les Flamants roses (Phoenicoptéridés) reviennent toujours sur le site sans diminution des effectifs mais ceci dans le mois et non immédiatement. Ils sont donc très sensibles mais n'ont pas la mémoire de ce dérangement, en tous cas à court terme.

- Les variances d'effectifs de Phalacrocoracidés en été, ne semblent pas dues aux variables environnementales. Par contre, l'hiver parait une saison où cette famille est plus vulnérable à une forte pression de démoustication ($>-0,5$) et aux très basses valeurs des variables météorologiques.

- En ce qui concerne les variations de Limicoles, en été, elles ne semblent pas pouvoir être expliquées (valeur absolue $<0,5$). Cependant, celles d'hiver sont fortement corrélées et positivement aux paramètres météorologiques. Ces observations confortent les résultats précédents qui montraient que les différentes espèces de Limicoles n'ont pas le même comportement face à ce type de dérangement. Il serait intéressant de refaire ces analyses en prenant en compte les espèces et non les familles.

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-bœufs, 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 démoustication depuis 2006, un changement dans l'évolution de la colonie en lien avec les dérangements occasionnés par la démoustication 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 site. 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 9), 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, pour éviter au maximum le dérangement provoqué par l'ouverture du site au public. 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.

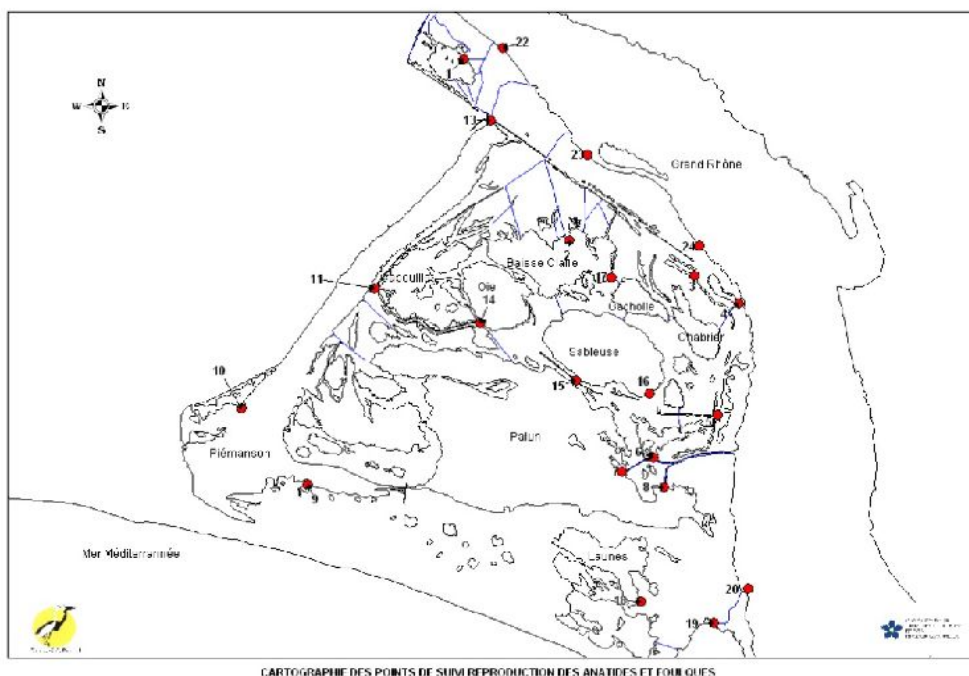


Figure 9. Localisation des points de suivi de la reproduction des Anatidés et des Foulques macroules.

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 et la nécessité d'avoir un état zéro des populations. Il s'agit des Échantillonnages 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 par Échantillonnages Ponctuels Simples). 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 10). 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 2011. Pour chaque espèce contactée et pour chaque point d'écoute, le plus important effectif relevé lors des deux passages est retenu. Les données sont ensuite analysées avec le logiciel TRIM qui effectue des modèles de tendances linéaires, avec si besoin une correction de l'effet année pour les espèces qui montrent d'importantes fluctuations annuelles. Il en ressort des indices d'abondance annuels et spécifiques.

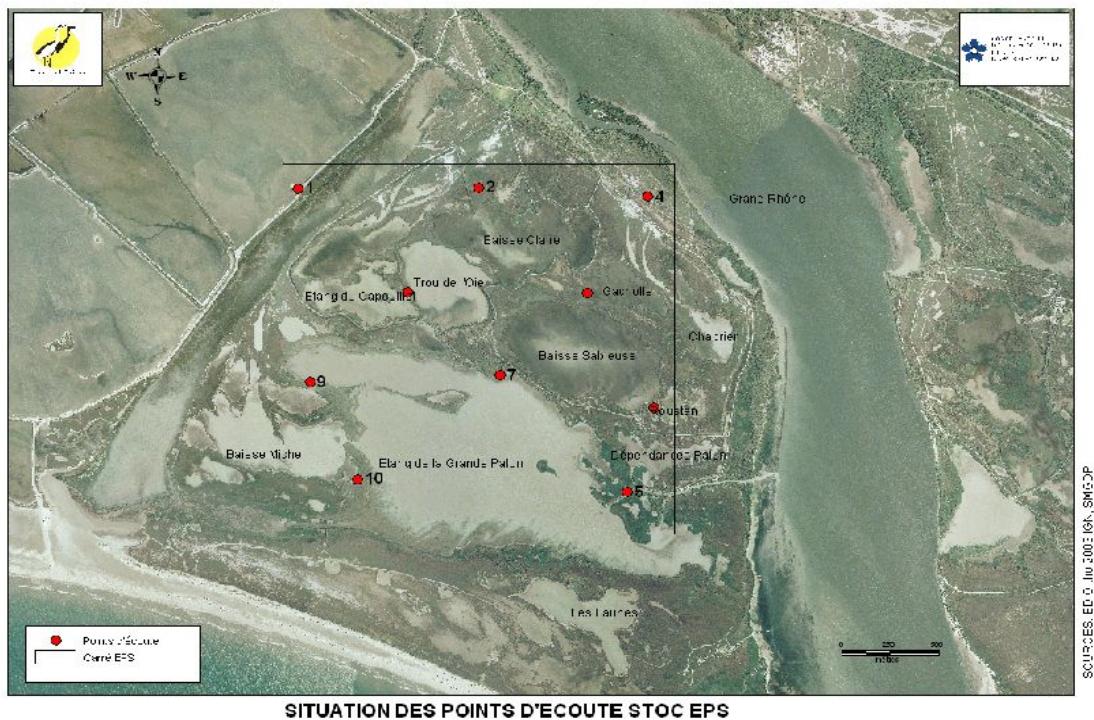


Figure 10. Localisation des points d'écoute des chants de passereaux

3.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

3.3.1. Ardéidés

Les héronnières ont un fonctionnement cyclique, qui s'observe également sur le domaine (Figure 11). 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). Un nouveau cycle a suivi, 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. En 2011, tout comme ces dernières années, la héronnière est mono-spécifique et comporte seulement 27 couples de Hérons cendrés. C'est le plus petit effectif jamais atteint.

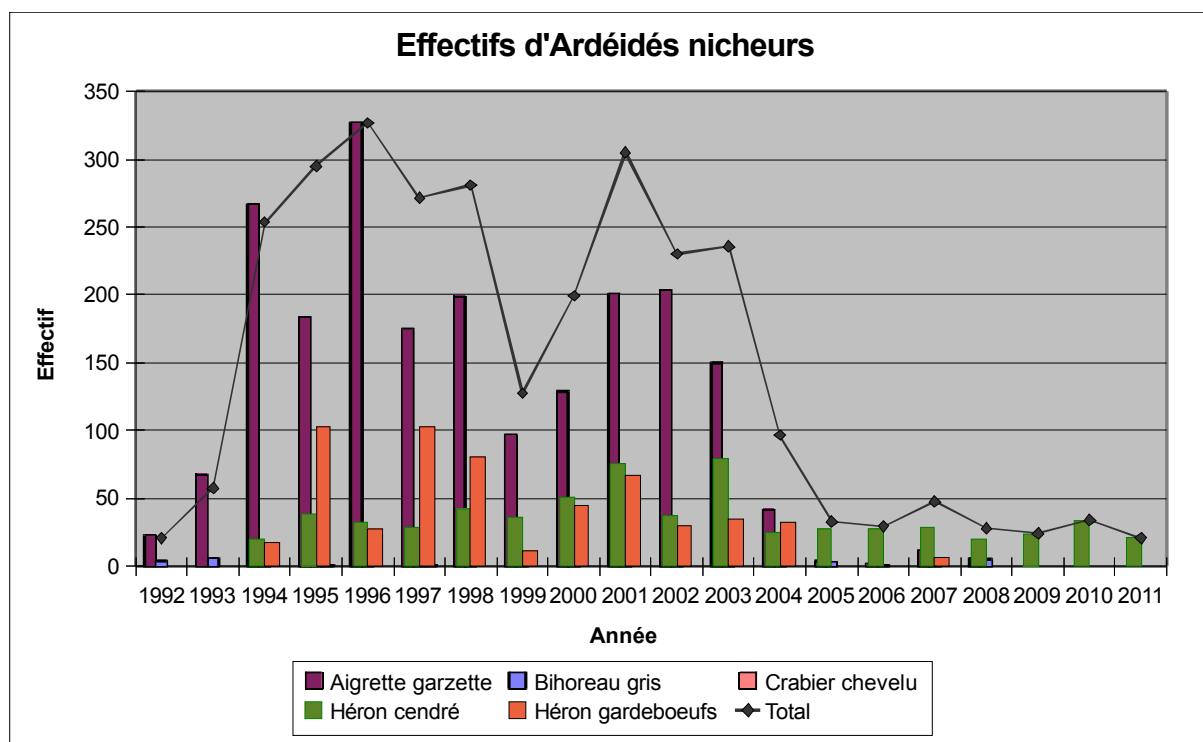


Figure 11. Histogrammes de l'évolution du nombre de couple d'Ardéidés.

En 2008, les traitements aériens ont causé l'abandon de la héronnière pendant plus d'une semaine en avril, en pleine période de reproduction, suite à de gros traitements répétés. Depuis cet événement, par une meilleure connaissance des enjeux par les pilotes et par une amélioration de la coordination, pas plus d'un passage par an a été observé à proximité de la héronnière et sans dérangement notable. En 2011, le traitement aérien du 24 avril a engendré un passage vers la héronnière provoquant l'envol de 3 hérons (sur les 4 adultes visibles et 8 poussins) d'une durée de 20 secondes.

Dans ces résultats, seuls les traitements aériens concernant le Domaine de la Palissade sont étudiés. Cependant, nous avons pu constater que lors des traitements sur Port-Saint-Louis du Rhône, il pouvait arriver que des avions effectuent des manœuvres sur le domaine. N'ayant pas à être informés 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 2011, 40 nichées ont été dénombrées (Tableau 6). Elles ont comporté entre 1 et 9 poussins. Le Canard colvert représente 42,5% du total des nichées, 27,5% la Foulque macroule, 15% le Canard chipeau, 12,5% le Canard indéterminé et 2,5% la Nette rousse. Nous pouvons noter que c'est l'année où le plus de nichées ont été observées depuis 2007, début de la démoustication. Rappelons que le printemps a été marqué par une pluviométrie exceptionnellement basse, ce qui a induit une augmentation des salinités des étangs et peu de mouvements d'eau. Parallèlement, l'activité de l'EID a été très réduite car ces conditions étaient défavorables aux larves de moustiques (pour exemple : un seul traitement aérien a été nécessaire en avril au lieu de 4 à 6 les autres années).

Tableau 6. Nombre de nichées recensées par point de suivi en 2011.

Points	Canard colvert	Canard chipeau	Foulque macroule	Nette rousse	Canard sp	Total
Claire	2	0	0	0	0	0
Emprunts/Chabrier	3	0	0	0	0	0
Palun canal	7	0	0	0	0	0
Digue à Meffre	11	0	0	0	0	0
Gaholle	17	0	0	0	0	0
Ponton Rhône	22	0	0	0	0	0
Sud île	24	0	0	0	0	0
Oie/Cap/Palun	14	1	0	0	0	1
Sableuse/Roustan	16	1	0	0	0	1
Launes	18	1	0	0	0	1
Ponton Grach	20	0	0	0	1	1
Recul Palun	8	0	0	2	0	2
Affût chasse	10	1	1	0	0	2
Relongues	15	0	0	2	0	2
Nord île	23	1	0	0	1	2
Piémanson nord	13	2	1	0	0	3
Argent	1	3	0	1	0	4
Neuve	4	1	1	0	1	4
Boutards	5	2	1	1	0	4
Barrage anti-sel	9	1	1	0	2	4
Gabians	19	1	0	3	0	4
Dép. Palun	6	2	1	2	0	5
Total	17	6	11	1	5	40

Par rapport à 2006 (année zéro), l'année 2011 présente (Figure 12) :

- pour la totalité des espèces, une diminution significative du nombre de nichées (test de Kruskal-Wallis : $p < 0,05$) : 40 % de nichées en moins.
- pour le Canard colvert, une diminution significative du nombre de nichées (test de KW : $p < 0,001$) : 57 % de nichées en moins.
- pour le Canard chipeau (-66%) et la Foulque macroule (+22%), les diminutions observées ne sont pas significatives (test de KW : non significatif) et ceci depuis 2009.

En comparant les saisons de reproduction depuis la démoustication, sans l'année zéro, le test de Kruskal-Wallis ne donne pas de différence significative du nombre total de nichées entre 2007 et 2011.

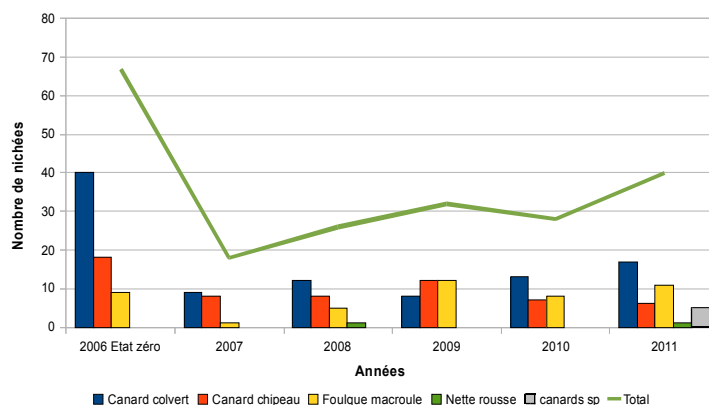


Figure 12. Évolution du nombre de nichées depuis 2006.

De 2006 à 2011, le nombre moyen de poussins par nichée n'a pas varié significativement sur cette période (test de KW non significatif) chez le Canard colvert (4,94) et le Canard chipeau (3,17) (Tableau 9). Par contre, il y a une diminution significative du nombre de poussins par nichées pour le Canard chipeau entre les années 2006 et 2011 (test de KW $p < 0,05$).

Tableau 9. Nombre moyen de poussins par nichées depuis 2006.

Années	Canard colvert	Canard chipeau
2006	4,95	5,28
2007	3,78	4,25
2008	4,42	4,5
2009	5,5	5,92
2010	6	4,43
2011	4,94	3,17

Le nombre de poussins par nichée est un indice de la survie des poussins. Une femelle, dans un environnement favorable, pourra élever le maximum de poussins jusqu'à l'envol, alors que dans un site où la ressource alimentaire manque ou bien soumis à de forte prédation, le nombre de poussins sera faible à l'envol. Jusqu'à présent cet indice ne variait pas entre deux années. Cette année pourtant, nous observons une diminution significative chez le Canard chipeau.

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 40 nichées, 75% sont considérées volantes aux 15 août (60 % en 2006, 66% en 2007, 54% en 2008, 81% en 2009 et 50% en 2010) (Figure 13). Hormis 2009 et 2011 le site présente des dates d'envols très tardives en comparaison avec les données connues dans Bouches-du-Rhône (80% de poussins volants début août).

Les dates d'envols peuvent montrer une difficulté de la reproduction sur le site. En effet, plus les dates sont tardives, plus il s'agira d'une deuxième ponte. Pourtant, même en 2006, avec plus de 60 nichées, les dates d'envol étaient tardives.

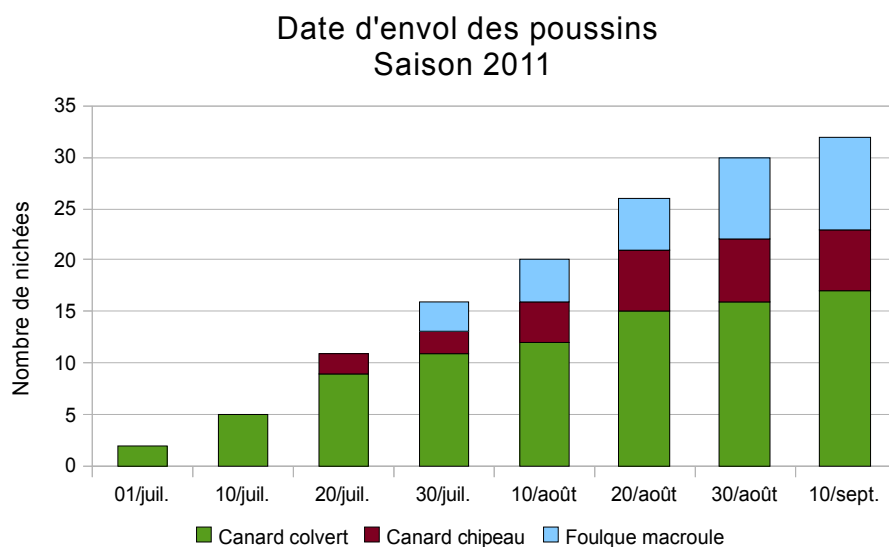


Figure 13. Cumul du nombre de nichées volantes en fonction du temps pour la saison 2011.

Nous remarquons que, mis à part 2009, 80% des nichées sont volantes durant la dernière décade du mois d'août (entre le 20 et le 30 août) (Tableau 10).

Tableau 10. Pourcentage de nichées volantes en fonction du temps et des années.

Dates d'envol	2006	2007	2008	2009	2010	2011
01/juil.	7,46	0	4	0	0	5,88
10/juil.	14,93	11,11	8	6,25	14,29	14,71
20/juil.	28,36	11,11	20	18,75	17,86	32,35
30/juil.	43,28	22,22	32	37,5	28,57	47,06
10/août	56,72	33,33	36	65,63	42,86	58,82
20/août	76,12	66,67	56	84,38	67,86	76,47
30/août	91,04	88,89	84	93,75	82,14	88,24
10/sept.	98,51	100	100	100	100	94,12
20/sept.	100	100	100	100	100	100

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. Trente espèces ont été contactées au moins une année sur le domaine, dont dix-sept en 2011. Nous ne présenterons ici que les données concernant les espèces les plus communes de passereaux et qui ont été observées plus d'une année (Tableau 11). Contrairement aux années antérieures, les analyses 2011 ont été effectuées avec le logiciel TRIM utilisé par le CRBPO pour ce protocole. Les résultats en sortent différents.

Tableau 11. Tendance linéaire en pourcentage des différentes espèces contactées de 2002 à 2006 (État zéro) et de 2002 à 2011 ainsi que leurs statuts régional 2010 et national 2009 (Modèle de tendance linéaire, logiciel TRIM; NS : non significatif ; * p<0,05 ; ** p<0,01 ; ***p<0,001. En gris: même tendance. En orange: apparition d'une significativité depuis 2007. En vert: perte de la variation significative entre 2007 et 2011).

Espèces	2002 à 2006		2002 à 2011		Statut PACA 2001 à 2010	Statut national 2001 à 2009
	Tendance	p	Tendance	p		
Rousserolle effarvatte	262,41	NS	316,41	**	Augmentation	Augmentation
Alouette des champs	-68,95	**	-92,8	***	NS	Diminution
Pipit rousseline	0	NS	121,18	NS	NS	NS
Linotte mélodieuse	0	NS	-47,6	NS	NS	Diminution
Cornelle noire	-17,59	*	0,9	NS	NS	Augmentation
Cisticole des joncs	187,48	**	-31,35	NS	NS	NS
Bouscarle de Cetti	92,55	*	99,79	**	NS	NS
Bruant des roseaux	253	NS	18,76	NS	Non renseigné	NS
Hypolaïs polyglotte	-6,57	*	-34,49	NS	NS	Augmentation
Hirondelle rustique	-51,17	NS	6,5	NS	NS	Augmentation
Rosignol philomèle	36,02	NS	248,13	***	NS	Augmentation
Bergeronnette printanière	-47,06	NS	-29,66	NS	NS	NS
Moineau friquet	74,09	NS	11,71	NS	Diminution	Diminution
Pie bavarde	0	NS	9,22	NS	NS	NS
Fauvette mélanocéphale	-	-	91	***	NS	NS
Fauvette à tête noire	-	-	20,8	**	Diminution	Augmentation
Fauvette à lunettes	0	NS	-43,02	NS	Non renseigné	Non renseigné

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 cinq espèces de passereaux ont varié significativement de 2002 à 2006 :

- Augmentation de la population de Cisticole des joncs ($p < 0,01$)
- Augmentation de la population de Bouscarle de Cetti ($p < 0,05$)
- Diminution de la population d'Alouette des champs ($p < 0,01$)
- Diminution de la population de Corneille noire ($p < 0,05$)
- Diminution de la population d'Hypolaïs polyglotte ($p < 0,05$)

L'analyse des tendances à long terme de 2002 à 2011 (Figure 14), montre également que cinq espèces varient significativement, mais elles sont différentes :

- Variations identiques et accentuées par rapport à 2002-2006 pour l'Alouette des champs (baisse importante et régulière) et la Bouscarle de Cetti (augmentation constante).
- Nouvelles variations qui concernent toutes des augmentations significatives : la Rousserolle effarvatte, le Rossignol philomèle et deux nouvelles espèces qui sont les fauvettes à tête noire et mélanocéphale.
- Notons de plus la perte de la significativité pour 3 espèces : la Corneille noire, la Cisticole des joncs et l'Hypolaïs polyglotte.

Il y a donc eu des changements de tendances entre 2006 et 2011. Une seule espèce diminue significativement, l'Alouette des champs. Mis à part la Cisticole des joncs, les autres espèces augmentent ou arrêtent de diminuer. Cela correspond à une tendance à la hausse des espèces de milieux fermés, et à la diminution des espèces de milieux ouverts comme cela a déjà été observé avec d'autres suivis du site. Pour autant, seule la Cisticole des joncs ne correspond pas à ce schéma. Elle était en augmentation significative de 2002 à 2006 et ceci s'est stabilisé jusqu'en 2011. Pour évaluer si cette espèce est stable ou non, il est nécessaire de continuer encore l'échantillonnage. En comparaison avec les évolutions régionale et nationale, nous observons que la majorité des espèces évoluent de la même manière (Vincent-Martin 2011 & CRBPO 2009).

Ces tendances observées sur le Domaine seront à confirmer sur le long terme.

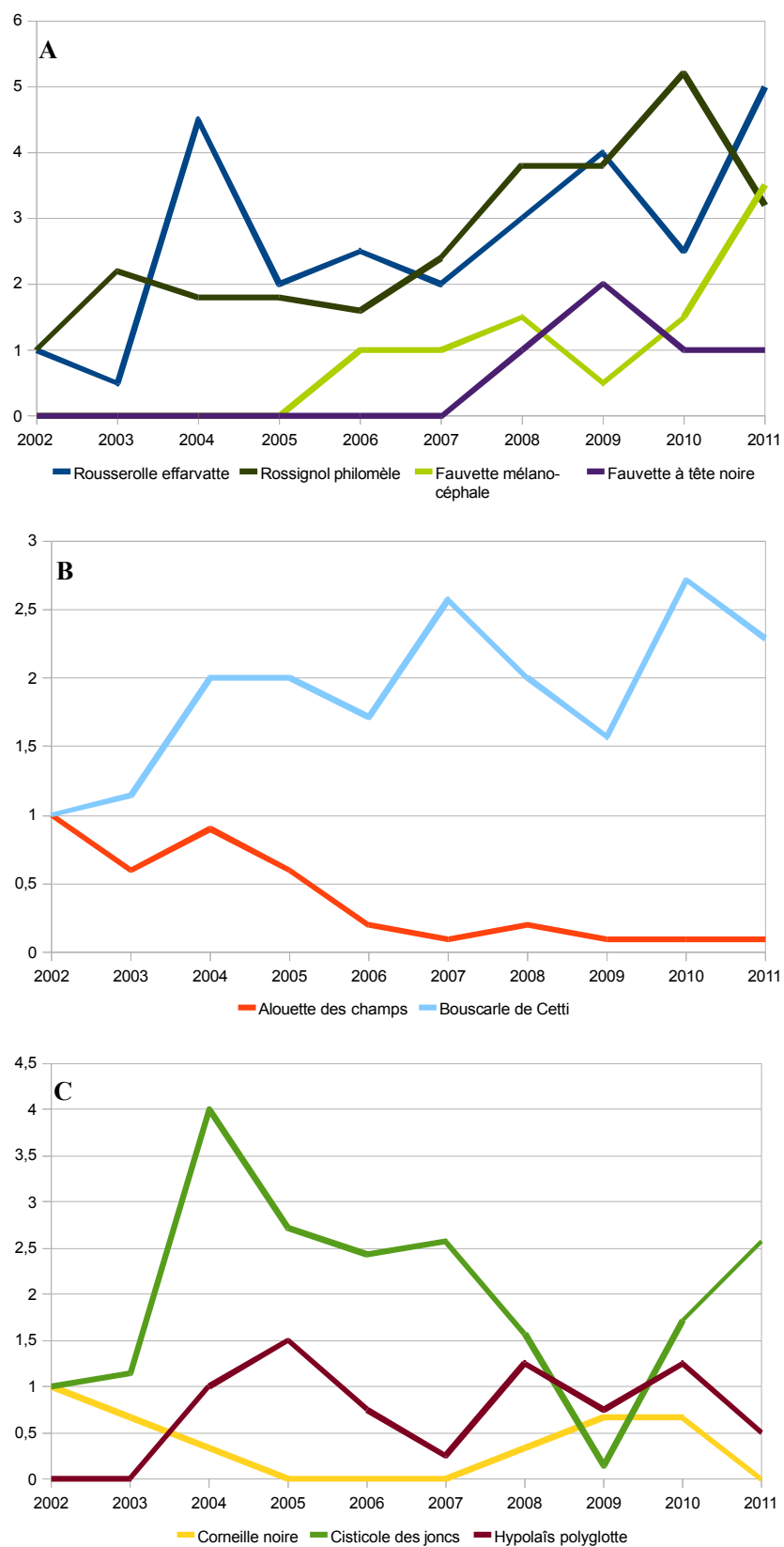


Figure 14. Évolution de l'indice d'abondance des espèces montrant une tendance linéaire variant significativement ; espèces présentant une augmentation significative depuis 2007 (A); espèces variant de la même manière entre 2002-2006 et 2002-2011 (B); espèces ne montrant plus de variation significative depuis 2007 (C).

4. CONTRAINTES POUR LA GESTION DU SITE

Les contraintes sur la gestion écologique, les activités du site et l'accueil du public sont notées sur tableur tout au long de la saison. Malgré la bonne collaboration entre le SMGDP et l'EID qui s'améliore avec les années, 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, avec toujours une grande difficulté pour mener tous les suivis en avril et mai à cause des conditions météorologiques qui laissent une très faible marge de manœuvre (hormis en 2011 où les conditions printanières ont été exceptionnellement défavorables à la production de larves de moustiques, avec une météo très sèche).

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 essayant de s'accorder 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. En choisissant la diminution des échanges d'eau, pour éviter des éclosions de moustiques, les poissons restaient prisonniers dans les roubines et sont morts par asphyxie. Il est à noter que les premiers phénomènes de « bloom » phytoplanctoniques sur le site ont été observés depuis la démoustication. Ce n'est pas cette dernière qui est en cause mais sans doute les modifications de gestion hydraulique. Il sera nécessaire à l'avenir de continuer à noter les impacts sur les milieux provoqués par ce nouveau mode de gestion de l'eau. En effet la mortalité des carpes est la face visible des changements engendrés. Nous pouvons également noter que la part des traitements aériens suite à nos seules opérations de gestion représente une faible part des traitements totaux. En effet, seul un traitement aérien a été causé par notre gestion de l'eau en 2009 et 2010, et aucun en 2011.

Au sujet des traitements aériens sur le site, notons qu'en 2011, trois ont eu lieu pendant les heures d'ouverture au public dont deux en jour de chasse (0 en 2010, 1 en 2009 et 8 en 2008). Pendant ces survols nous fermons le site au visiteurs pendant la durée du traitement (elle peut varier de 30min à 3h).

Seuls les traitements aériens concernant le Domaine de la Palissade sont suivis, pourtant nous avons pu constater que lors des traitements sur Port-Saint-Louis du Rhône, il pouvait arriver que des avions effectuent des manœuvres sur le site. N'ayant pas à être informés de ces survols, nous n'avons pas pu les suivre. Pourtant ces traitements en dehors du domaine ont aussi des impacts, par exemple en 2009:

- Un traitement prévu à 07h45 a été reporté à 12h pour cause de brouillard et de mauvaise météo les jours suivants. 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, heureusement sans entraîner d'accident. En effet, quelque soit l'altitude de l'avion, les chevaux associent le bruit à la panique provoquée lors des traitements à basse altitude.

- Une jument a été retrouvée dans une roubine suite à la panique des chevaux pendant un survol.

Depuis ces événements et la panique systématique des chevaux face aux survols à basse altitude et aux bruits des avions, l'EID doit systématiquement prévenir le manadier de tous les traitements sur Port-Saint-Louis du Rhône. Cela n'a pas été toujours effectué et malheureusement celui-ci a été blessé par un jument pendant un de ces survols imprévus. Suite à cela, il a porté plainte contre l'EID. Cela s'est reproduit pendant une balade avec des visiteurs, heureusement sans accident mais les chevaux ont paniqué. Un des pilotes de l'EID est alors venu sur le site, pour expliquer les contraintes techniques que les traitements impliquent : en début de traitements les cuves sont trop lourdes pour permettent de faire des manœuvres courtes, les pilotes doivent élargir leurs virages et donc survoler le Domaine de la Palissade.

Au quotidien :

- Négociations régulières sur les jours et les horaires des survols pour éviter les heures d'ouverture au public et les jours chassés sur le DPM.
- Difficultés pour suivre les prospections par manque d'informations entraînant régulièrement du retard pour ce suivi (de moins en moins).
- Annulation des avions (3 en 2011, 4 en 2010) causant des déplacements inutiles au lever du soleil.
- Modifications et déplacements des suivis liés à la démoustication et propres au domaine (horaires et circuit), induits par la présence des agents de l'EID sur le terrain ou par les traitements aériens, pouvant impliquer aussi des pertes de temps et déplacements inutiles.

Il est à noter qu'en plus des activités du prestataire équestre et du SMGDP, la pratique de la chasse est également prise en compte dans la programmation des opérations de traitements, ce qui limite encore les marges de manœuvre. En effet les jours de chasse, les traitements aériens sont effectués en journée. Des règles de priorité devraient être trouvées. Doit-on privilégier la pratique de la chasse ou alors le maintien de l'ouverture du site au public.

Nous remarquons également une usure prématurée des pistes sur le domaine suite à l'augmentation de la circulation.

Les traitements pédestres, effectués soit à la lance depuis la voiture, soit à la pompe à pied et pendant les heures d'ouverture au public, nous questionnent également sur l'image du site vis-à-vis des visiteurs. Nous demandons donc à l'EID de ne plus les effectuer pendant les heures d'ouverture au public. Par ailleurs nous n'avons aucune donnée sur ces traitements (fréquence, localisation et quantité de Bti).

Un îlot de nidification pour l'aréo-limicoles est présent dans la partie centrale du domaine (la basse Claire). Suite à une convention avec le Conservatoire du Littoral, l'EID a accepté de créer une zone de non survol de 100m autour des îlots compris dans la zone d'expérimentation. Malgré cela, deux avions concernant un traitement sur le DPM et un autre sur Port-Saint-Louis du Rhône sont passés au niveau de l'îlot de la Basse Claire.

La collaboration entre les agents de l'EID et du SMGDP s'est particulièrement améliorée depuis deux ans. De plus, la mise en place en 2011 d'un règlement d'activité de l'EID sur le site, a favorisé ce travail en commun.

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'améliore tout de même avec les années mais les changements réguliers de personnels de l'EID et du SMGDP n'abondent pas dans ce sens. 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

Du mois d'août 2006 à septembre 2011, l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication du littoral méditerranéen a eu recours à 84 traitements aériens et 448 tournées de prospections/traitements terrestres pour contrôler les populations de moustiques du Domaine de la Palissade. Leur effort se concentre aux saisons pluvieuses, que sont 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 direct. 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 84 traitements aériens de l'EID, le SMGDP en a suivi 60 dont l'analyse a montré qu'il existe un impact dans la redistribution spatiale pour les Anatidés, les Ardéidés, les Flamants roses, les Laridés, les Limicoles et les Foulques macroules sur le complexe Baisses Claire/Sableuse. Les Flamants roses se déplacent totalement suite à l'apparition de l'avion. Concernant les autres familles, 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.

Les Flamants roses, espèce patrimoniale attirant de nombreux touristes, sont les plus impactés par le passage des avions à basse altitude. En effet, dès qu'ils entendent l'avion, alors que l'observateur ne le voit pas encore, ils s'envolent.

En ce qui concerne le Courlis cendré, l'impact du traitement aérien est significatif pour le mois de septembre ainsi que pour les années 2008 et 2011 malgré les faibles populations présentes sur le site. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Flamant et al. (2005) qui souligne l'importance qui doit être portée à cette espèce. En effet, ils ont observé que 80% des individus s'envolaient lors d'un dérangement aérien. Ces dérangements engendrent une baisse du rythme d'activité, une perte dans le temps d'alimentation, non remplacé par un repos forcé mais par un état de vigilance accru.

Les Anatidés effectuent des déplacements de mue de mi-août à mi-septembre, nous avons alors émis l'hypothèse qu'ils seraient plus impactés durant ces mois qu'à d'autres périodes de leur cycle de vie où ils ne peuvent pas s'envoler, ce qui a été confirmé par les tests statistiques. Ces résultats correspondent à ceux de Flamant et al. (2005) sur les Tadornes de Belon. Cette espèce étant peu présente sur le site nous n'avons pas eu assez d'échantillons pour observer ce comportement sur cette espèce. Cette même étude conclue que la fréquence croissante de dérangements (piétons, aériens...) induit une diminution des effectifs de Courlis cendrés, de Tadornes de Belon ainsi que d'Huîtrier pie. Il semblerait qu'il y ai un effet groupe pour le Courlis cendré, l'Échasse blanche, le Pluvier argenté, le Canard chipeau, le Canard souchet, la Sarcelle d'hiver et le Tadorne de Belon. En effet, ceux-ci ont quasiment tout leur effectif qui se redistribuent lors d'un passage aérien.

Or il est possible que les différences de taille entre les groupes puissent jouer sur les comportements répondant aux menaces perçues par les oiseaux (Kenward 1978 dans Flamant et al 2005).

Les mois d'avril/mai et août/septembre semblent les plus sensibles pour de nombreuses familles et espèces. Ceci doit être dû au fait que les individus migrants (Anatidés, Ardéidés, Laridés, Flamant rose et Échasse blanche) ne sont pas encore rentrés en période de reproduction et peuvent donc fuir l'avion (avril/mai ; en concordance avec les dates d'éclosions des œufs des oiseaux d'eau. Pour août/septembre, cela pourrait être dû au fait que les Anatidés ont fini leur mue et sont prêts pour la migration d'automne. De plus c'est à cette période que nombre de migrateurs font haltes, et où les Anatidés se regroupent pour la migration et/ou l'hivernage. Ce dérangement peut donc gêner l'attractivité du site pour les Anatidés hivernants.

L'année 2006 est une mauvaise année de référence puisque seulement 3 TA ont été suivis, sur les mois d'août et de septembre, ce qui ne permet pas d'avoir des résultats satisfaisants. De même, l'année 2007 n'a pas été suivie correctement (arrêt à partir de septembre), alors qu'il semble que le mois de septembre soit nécessaire pour démontrer un effet. Malgré tout, en 2007 les Ardéidés et les Foulques sont affectés par ces dérangements aériens. Par contre, 2008 est l'année la plus impactée vis à vis des familles et des espèces. Ces résultats semblent dus au fait qu'en 2008 le plus de TA ont été effectués (21), avec une somme des surfaces traitées la deuxième plus importante (1740 Ha).

Seul les Hérons cendrés reviennent une heure après les traitements aériens. Mis à part les Anatidés qui diminuent encore une heure après, toutes les autres espèces présentent les mêmes effectifs « juste après » et « une heure après » les traitements aériens.

- Sur les 448 tournées de prospections/terrestres de l'EID, le SMGDP en a suivi 190 et a constaté l'envol de 12 700 oiseaux d'eau dont plus de 10 000 Anatidés. Pas de données sur les traitements pédestres. Le plus fort taux de dérangement est induit dans la zone la plus centrale du site qui est sensée être la plus préservée. L'effet « réserve » du site est ainsi largement diminué. Pour autant, conscients des dérangements occasionnés, les agents de l'EID connaissent également mieux les endroits les plus sensibles et y vont avec parcimonie.

- Les analyses multivariées (AFP) faites sur les comptes mensuels en été (avril à août) et hiver (septembre à mars) montrent que plus il y a de traitements aériens et/ou de prospections et/ou de grandes surfaces traitées et moins il y a d'effectifs d'Anatidés, d'Ardéidés et de Rallidés sur le site (le comptage mensuel étant indépendant des opérations de l'EID). Tout comme Flamant *et al*, nous pouvons conclure que les dérangements pourraient conduire à terme à la désertion du site par l'avifaune. Cependant, cette analyse met en évidence des oppositions entre différentes variables mais elle n'a pas été plus développée car nous ne disposons pas d'assez de temps entre la fin de la récolte des données et le rendu du rapport.

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

- 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 roses qui s'envolent alors que l'avion est encore à plusieurs centaines de mètres). De plus le site peut être impacté par des traitements qui ont lieu sur d'autres zones (DPM, Port Saint- Louis du Rhône, etc.).

- 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, ni les oiseaux voulant venir sur le site et qui ne le font pas suite au dérangement en cours.

- 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 conséquent, les oiseaux dérangés ont de moins bonnes conditions corporelles et donc *in fine* une survie et un succès de reproduction amoindris.

Ces conséquences à long terme liées au dérangement, notamment sur le coût énergétique, semblent amener les Anatidés, les Ardéidés et les Rallidés à choisir un autre site que le Domaine de la Palissade. En effet, l'AFC a permis de mettre en évidence une corrélation négative entre le nombre de traitements aériens, de prospections et la somme des surfaces traitées avec les effectifs de ces mêmes familles. Nous pouvons donc conclure que plus il y a de dérangement dû à la démoustication et moins le site est attractif en été c'est-à-dire qu'il y a moins de populations nicheuses d'Anatidés, d'Ardéidés et de Rallidés. Comme le souligne Gill et al. (2001), une réaction forte vis-à-vis des dérangements peut être le fait d'oiseaux qui possèdent différentes zones de replis de qualité ainsi que l'énergie suffisante pour se déplacer et poursuivre leurs activités. Mais une réaction limitée n'est sans doute pas synonyme d'une acceptation de la cause de dérangement, mais peut aussi traduire le fait que l'oiseau dérangé n'a pas la possibilité ou la capacité d'aller ailleurs. En effet, dans notre situation le premier cas peut s'apparenter à la saison d'été où les Anatidés, Ardéidés et Rallidés peuvent fuir le site (forte corrélation négative de l'AFC, valeur absolue $>0,7$) s'il est trop dérangé par la démoustication, alors que le deuxième cas peut être associé à la saison hivernale (faible corrélation négative de l'AFC, valeur absolue $<0,7$). Les effectifs de Limicoles, Laridés, Phalacrocoracidés, Phoenicoptéridé et Podicipédidés ne semblent pas varier en fonction de la démoustication. Cependant, comme l'ont montré Flamant et al (2005) et Triplet et al. (1998, 2003, 2007) dans leurs études en Baies de Somme, les différentes espèces de Limicoles ont des comportements différents face aux dérangements.

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 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 a connu cette année-là son plus bas taux de reproduction historique. Notons que depuis cet événement, grâce à une meilleure prévention auprès de l'EID, peu de passages ont été effectués à proximité de la héronnière et n'ont pas occasionné d'envol (sauf en 2011). Le faible succès reproducteur de ces dernières années ne permet pas de présager d'une reprise de la reproduction notamment à cause de la chute de la moitié des arbres de la héronnière au mois de juillet. Nous pouvons dire que la héronnière est en fin de cycle. Le dérangement occasionné par la démoustication n'en est pas la cause mais doit être considéré comme un facteur aggravant.

- 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 envols et des stress plus nombreux. Nous pouvons affirmer qu'il y a une diminution significative du nombre de nichées observées depuis 2006 et le début de la démoustication. Pour imputer cette diminution à la démoustication, une étude à plus long terme devrait être effectuée, mais sans la démoustication. En effet cela permettrait l'observation d'une remontée ou non du nombre de nichées. De plus, 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 notons de plus qu'en 2011 il y a eu le plus de nichées dénombrées depuis 2007 (première saison de reproduction démoustiquée) ce qui peut s'expliquer par les conditions météorologiques printanières défavorables aux éclosions de moustiques et donc avec peu d'interventions de l'EID, à la période charnière de la reproduction (avril/mai).

- 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 les populations de Cisticoles des joncs, Corneille noire et Hypolaïs polyglotte ont changé leurs tendances après le début de la démoustication. Seul le prolongement de cette étude à plus long terme peut permettre de vérifier les tendances révélées et de dégager d'éventuels effets à plus long terme sur d'autres d'espèces. Cependant il semble que ce protocole ne soit pas le plus adapté pour suivre ce type de dérangement. En effet il est nécessaire de cibler plutôt une population avec un suivi plus approfondi de la reproduction comme c'est le cas avec du suivi des Hirondelles de fenêtres effectué par la Tour du Valat (Poulain B., 2010). Les tendances observées avec les STOC EPS nous permettent d'avoir des idées sur le long terme des populations de passereaux nicheuses mais non de répondre à notre question initiale : la démoustication dérange-t-elle la reproduction des passereaux sur le domaine.

Les opérations de démoustication 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 démoustication : moins de mouvements des eaux pour moins de production de moustiques. Mais ceci induit aussi moins de production biologique en général et plus d'eutrophisation. Cette gestion n'est pas non plus inadéquate mais s'éloigne des conditions naturelles du Domaine de la Palissade ciblées par le Plan de Gestion. En effet étant situé à l'embouchure du Grand Rhône et dernier territoire non endigué de Camargue, ce sont les constants mouvements d'eau et crues qui ont modelé cette mosaïque de paysages et ces particularités.

- Par ailleurs, la démoustication 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, le gestionnaire cherche à canaliser ces facteurs. Les touristes à pied et à cheval se promènent seulement sur des chemins prédéfinis et pendant des heures données (9h00-17h00) ce qui permet de garder une plage de quiétude pour 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.

Le problème de la circulation de l'EID semble insoluble : la circulation en début de matinée dérange nombre d'oiseaux. Ces derniers quittent les plans d'eau et ne sont plus observables par le public dans la journée. De plus les jours de chasse les traitements aériens doivent être effectués en journée pour cette même raison. 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 également avec leur sécurité notamment lors des balades équestres.

- Notons que l'activité équestre est incompatible avec les traitements aériens. Le passage d'avions bruyants à basse altitude est dangereux : il cause la panique systématique des chevaux (accident pour la manadier, chevaux blessés suite aux mouvements de panique, etc...). Celle-ci est encore plus importante quand ils sont attachés.

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous ne pouvons pas encore expliquer tous les résultats, mais il est certain que le démoustication a un impact sur le site. Les prospections et les traitements provoquent des dérangements et leurs effet sur la reproduction montrent pour l'instant une diminution de certaines espèces.

Depuis 2006 les résultats sur le dérangement de l'avifaune ne changent pas significativement, ceci montre qu'il n'y a pas d'effet d'habituation des oiseaux face à ce type de dérangement.

Les perspectives entrevues par l'AFC plaide en une analyse plus poussée de ces données et la continuation de certains suivis.

Les effets sur la gestion et l'accueil des 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, 45 min depuis Arles sans pouvoir accéder aux sentiers), mais aussi sur les survols à basse altitude et les traitements pédestre sur un espace naturel protégé vécus comme très perturbateurs. Ce mécontentement se trouve renforcé par l'absence d'oiseaux et d'espèces emblématiques qui s'ensuit, tel que le Flamant rose. L'activité équestre ne peut avoir lieu pendant les survols pour des mesures de sécurité.

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 démoustication. Le compromis à trouver est d'autant plus complexe et moins planifiable qu'il ne se joue plus entre deux mais trois parties prenantes. Chacune ayant ses logiques et contraintes propres qui ne sont pas toujours conciliables. Il semble bien que nous ne puissions échapper à la question du choix à faire entre les différentes activités présentes sur le site.

A la fin de ces cinq années de démoustication expérimentale, plusieurs perspectives s'offrent à nous (Tableau 12). Soit la démoustication et les suivis s'arrêtent, soit ils continuent. Dans ce dernier cas et aux vues des résultats des différentes études, il serait nécessaire de poursuivre les suivis. Certains devront être renouvelés et d'autres modifiés :

- Suivis de l'activité de l'EID : le suivi des traitements aériens est indispensable, notamment pour l'îlot de nidification et la héronnière. Par contre, le suivi des prospections a montré le dérangement induit, l'ajout de données n'est donc pas nécessaire.

- Suivi de la reproduction : ces suivis sont nécessaires, ils devront donc être reconduits dans les mêmes conditions pour permettre de comparer les résultats à ceux de ce bilan. Il est envisageable de réduire le suivi de la reproduction des Anatidés, qui est le plus lourd, en enlevant les points d'observation situés sur le DPM car avec beaucoup de dérangement extérieur et ceux présentant moins de 5% du nombre total de nichée. Ceci représentera alors 9 points de suivis au lieu de 22.

- Suivi de la gestion : incontournable pour une collaboration entre le SMGDP et l'EID.

- Notons qu'il est également possible, suivant les conclusions des différentes études et du Comité Scientifique et Éthique du PNRC, de proposer également de nouveaux suivis si besoin. Nous avons en effet montré qu'il y avait un fort dérangement sur le site mais est-il possible de déterminer un seuil d'acceptabilité du dérangement pour le gestionnaire ?

Tableau 12. Possibilités de suivis suivant les différents scénarios existant sur la suite de la démoustication, chaque scénario a fait l'objet d'un chiffrage.

Scénarios	Suivi du dérangement EID	Suivi de la reproduction aviaire	Suivi sur la gestion du site	Nouveaux suivis
Arrêt de la démoustication	Non	Non	Non	Non
Démoustication avec fin de l'expérimentation	Non	Non	Non	Non
Poursuite de l'expérimentation telle qu'actuellement	Oui	Oui	Oui	A définir
Poursuite de l'expérimentation avec des suivis allégés	Oui	Oui	Oui	A définir
Poursuite de l'expérimentation sans démoustication sur le site de la Palissade avec suivis identiques ou allégés	Non	Oui	Non	A définir

Si l'expérimentation est reconduite pour la même durée, le Conseil Scientifique et Technique du Domaine de la Palissade a émis l'avis d'une suspension de la démoustication expérimentale sur le site du Domaine de la Palissade avec la poursuite de tous les suivis (internes et externes) pour évaluer dans le cadre de cette expérimentation d'éventuels changements de tendances, notamment pour la reproduction des anatidés. Dans cette configuration il est nécessaire de continuer les suivis pendant une durée minimale de 3 ans allant à 5 ans, pour permettre de limiter l'effet des variations annuelles environnementales (« l'effet année ») sur les résultats. Après présentation, le Comité Syndical émet un avis très réservé à ce scénario, notamment au regard des implications sociologiques locales. Si la suspension de la démoustication sur le site du Domaine de la Palissade était retenue, le Comité Syndical souhaiterait envisager la réversibilité de cette suspension en cas de répercussion trop forte sur la population.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le personnel du SMGDP pour l'aide apportée durant les différents suivis, Nicolas Bonton, Julien Deleuze ainsi que les agents techniques de l'EID pour leur collaboration, Tanguy Le Brun (Fédération Départementale des Chasseurs de l'Hérault), Jean-Yves Mondain-Monval et Céline Arzel (ONCFS), Nicolas Vincent-Martin (CEEP), Michel Gauthier-Clerc (Tour du Valat), Patrick Triplet, Antoine Arnaud, Claude Vella ainsi que les membres du Conseil Scientifique et Technique du Domaine de la Palissade.

7. 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.

Flamant N., Benhini C., Sueur F., Triplet P., 2005. Effets des dérangements sur les oiseaux d'eau en période estivale dans la Réserve Naturelle de la Baie de Somme. *Aves*, 42 (1-2) : 23-32.

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*.

Gill J.A., Norris K., Sutherland W.J., 2001. Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance. *Biological Conservation* 97 : 265-268.

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 .

Juignet F. & Juliard R., 2010. Suivi Temporel des Oiseaux Communs. Bilan du programme STOC pour la France en 2009.

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.

Lefevre 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.

Poulain B., 2010. Résultats du suivi de l'impact potentiel des traitements au Bti sur les invertébrés paludicoles et les Hirondelles de fenêtres en Camargue.

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., Bonnet X., Cheiron A., Grapin V., Vialet E. & Lafage D., 2011. 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 final 2010.

Triplet P., Morand M-E., Bacquet S., Lahilaire L., Sueur F., Fagot C., 1998. Activités humaines et dérangements des oiseaux d'eau dans la Réserve naturelle de la Baie de Somme. Bulletin mensuel de ONC, n°235 : 8-15.

Triplet P., Sournia A., Joyeux E., Le Dréan-Quéneq'hdu S., 2003. Activités humaines et dérangement : l'exemple des oiseaux d'eau. Alauda 71 (3) : 305-3/6.

Triplet P., Méquin N., Sueur F., 2007. Prendre en compte la distance d'envol n'est pas suffisant pour assurer la quiétude des oiseaux d'eau en milieu littoral. Alauda 75 (3): 237-242.

Vincent-Martin N., 2011. Bilan du programme STOC-EPS en région PACA : tendances, statuts des espèces et les indicateurs de biodiversité pour la période 2001 – 2010.

2. Analyse par zone de traitement

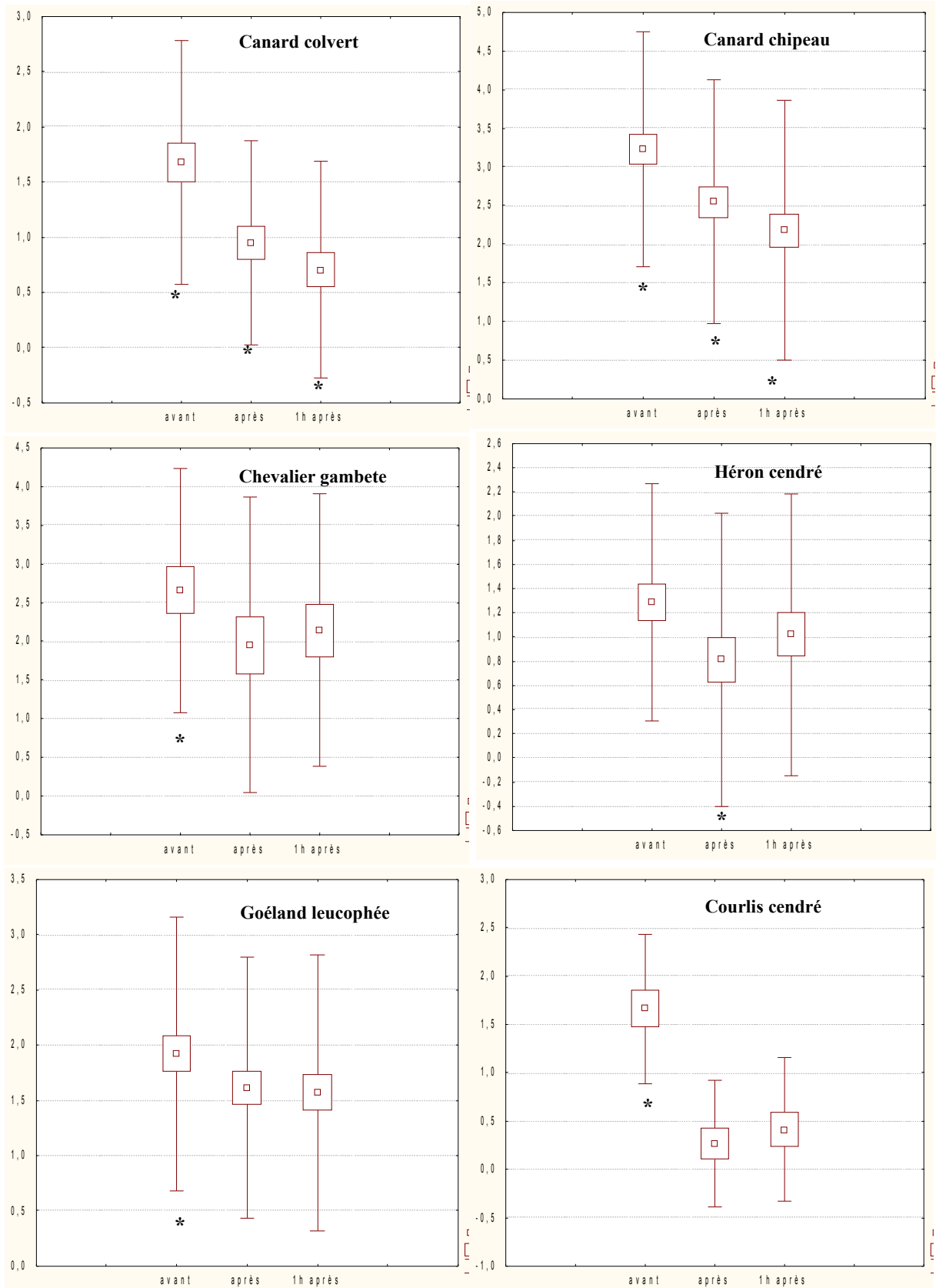
Tableau représentant les familles et les espèces d'oiseaux d'eau présentant des différences significatives des effectifs en fonction des zones de traitées. En gras $p < 0,05$; en gras souligné $p < 0,01$; Z1 le Nord ; Z2 la zone centrale du site comprenant les deux plans d'eau suivis et Z3 le Sud.

Familles	Espèces	Z1 incluse			Z2 incluse			Z3 incluse			Z2 seule			Z1 + Z2 + Z3		
		N	Z	<i>p</i>	N	Z	<i>p</i>	N	Z	<i>p</i>	N	Z	<i>p</i>	N	Z	<i>p</i>
Anatidés		30	3,393	<u>0,001</u>	55	4,766	<u>0,000</u>	49	3,795	<u>0,000</u>	10	2,701	<u>0,007</u>	25	2,914	<u>0,004</u>
	Canard chipeau	22	2,533	<u>0,011</u>	35	3,188	<u>0,001</u>	30	2,258	<u>0,024</u>						
	Canard colvert	28	3,035	<u>0,002</u>	55	4,586	<u>0,000</u>	49	3,566	<u>0,000</u>						
	Cygne tuberculé	25	0,699	<i>0,485</i>	53	2,233	<u>0,026</u>	46	1,751	<i>0,080</i>						
Ardéidés		26	1,449	<i>0,147</i>	48	2,840	<u>0,005</u>	43	2,286	<u>0,022</u>	9	2,197	<u>0,028</u>	22	0,970	<i>0,332</i>
	Héron cendré	23	2,093	<u>0,036</u>	36	3,600	<u>0,000</u>	34	2,763	<u>0,006</u>						
Laridés		29	2,743	<u>0,006</u>	54	1,906	<i>0,057</i>	48	1,872	<i>0,061</i>	10	1,682	<i>0,093</i>	24	2,374	<u>0,018</u>
Limicoles		18	1,706	<i>0,088</i>	38	3,137	<u>0,002</u>	35	2,805	<u>0,005</u>	6	1,826	<i>0,068</i>	16	1,706	<i>0,088</i>
	Courlis cendré	7	2,201	<u>0,028</u>	16	3,180	<u>0,001</u>	15	3,180	<u>0,001</u>						
Phalacrocoracidés	Grand cormoran	9	0,105	<i>0,917</i>	21	1,883	<i>0,060</i>	15	0,561	<i>0,575</i>	7	2,023	<u>0,043</u>	9	0,105	<i>0,917</i>
Phoenicoptéridés	Flamant rose	22	4,015	<u>0,000</u>	45	5,711	<u>0,000</u>	39	5,264	<u>0,000</u>	8	2,366	<u>0,018</u>	18	3,724	<u>0,000</u>
Podicipédidés	Grèbe huppé	19	2,118	<u>0,034</u>	35	1,524	<i>0,127</i>	32	1,586	<i>0,113</i>	7	0,267	<i>0,789</i>	15	1,580	<i>0,114</i>
Rallidés	Foulque macroule	17	1,680	<i>0,093</i>	27	1,874	<i>0,061</i>	25	2,215	<u>0,027</u>	5	1,604	<i>0,109</i>	13	1,153	<i>0,249</i>

3. Analyse par espèce des variations d'effectif lors des traitements aériens

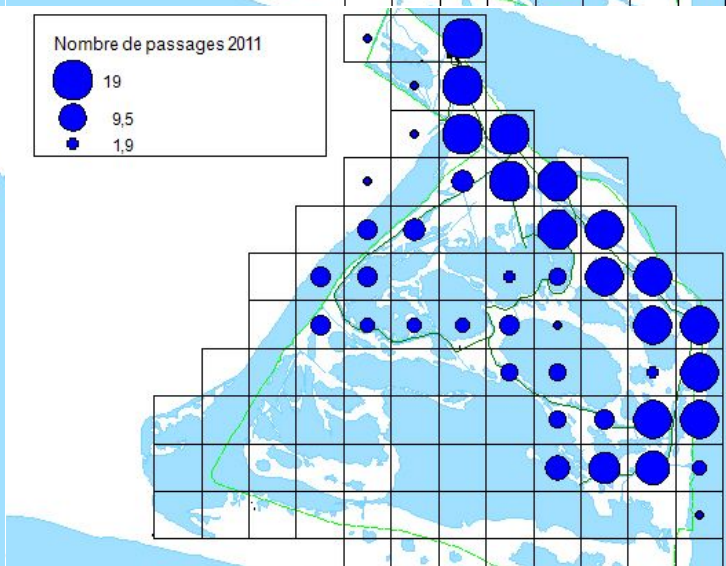
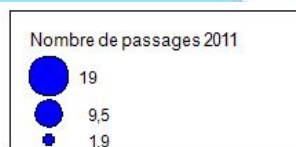
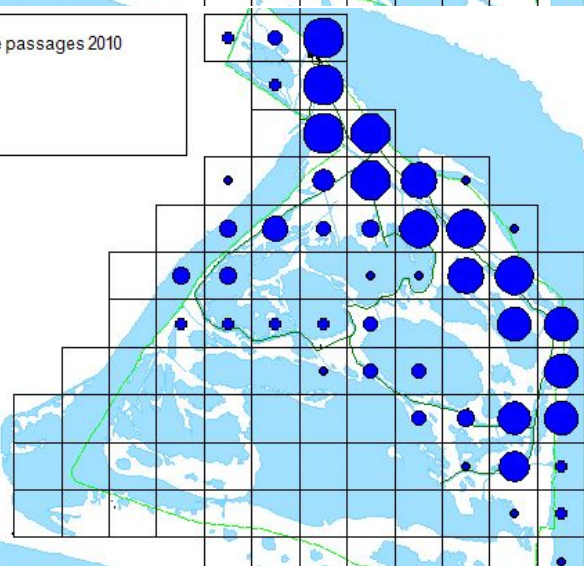
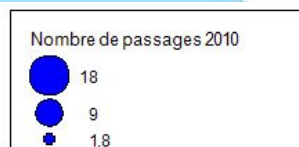
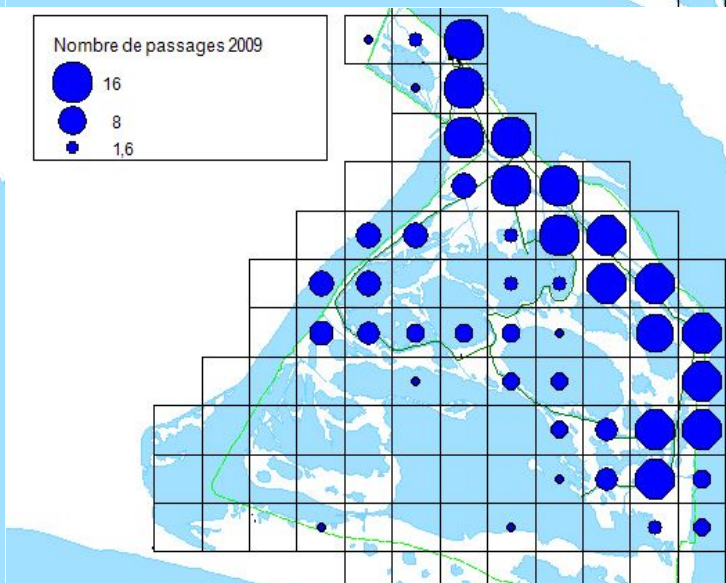
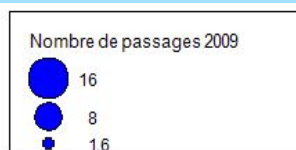
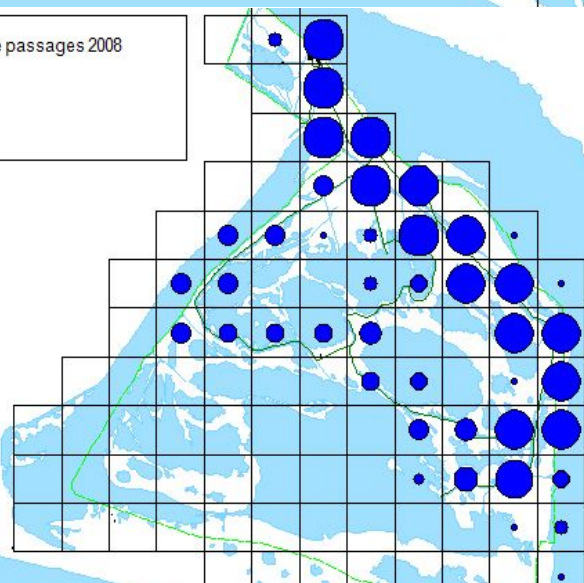
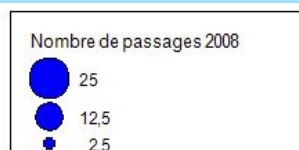
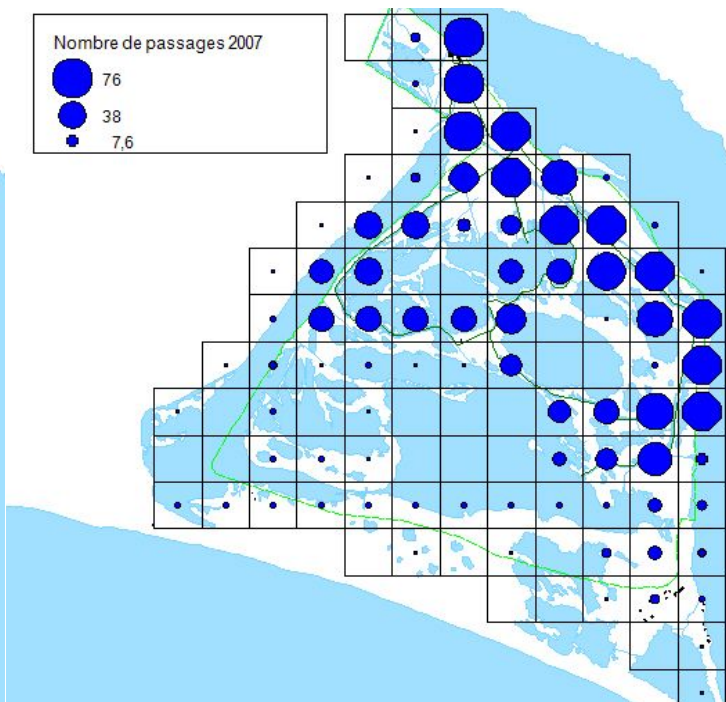
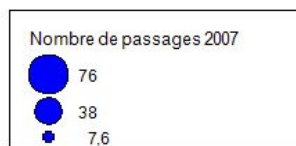
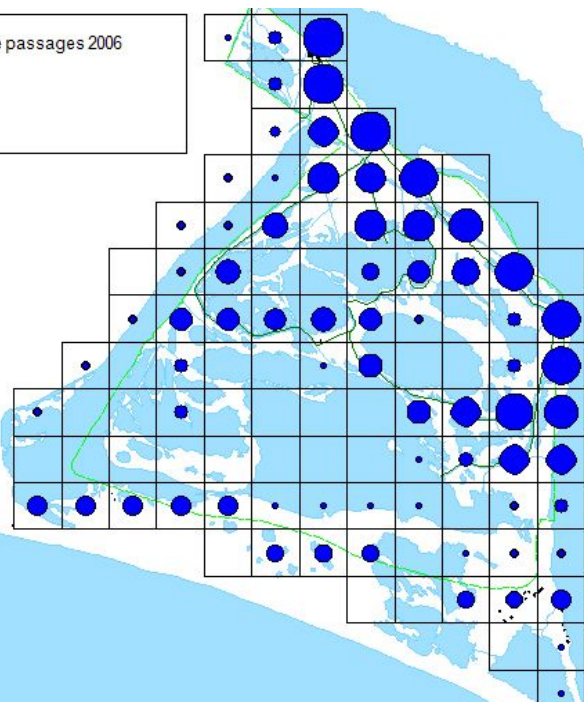
- Moyenne
- ▭ Moyenne±Erreur-Type
- ┆ Moyenne±Ecart-Type

Boîtes à moustaches représentant les moyennes des transformations $\ln(x+1)$ des effectifs de certaines espèces en fonction du comptage avant, après et 1h après les traitements aériens, * différence significative (test de Wilcoxon) :

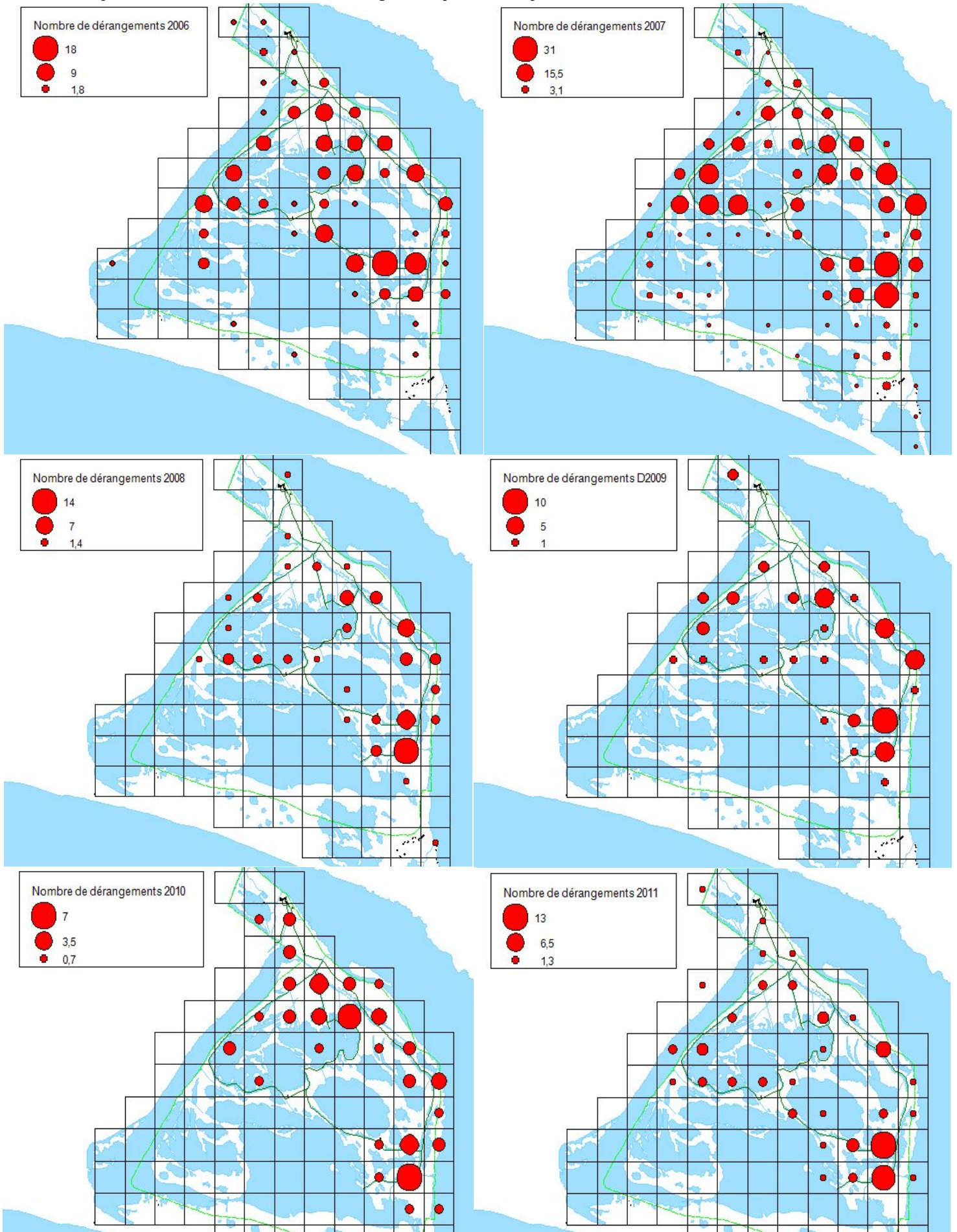


4. Opérations terrestres

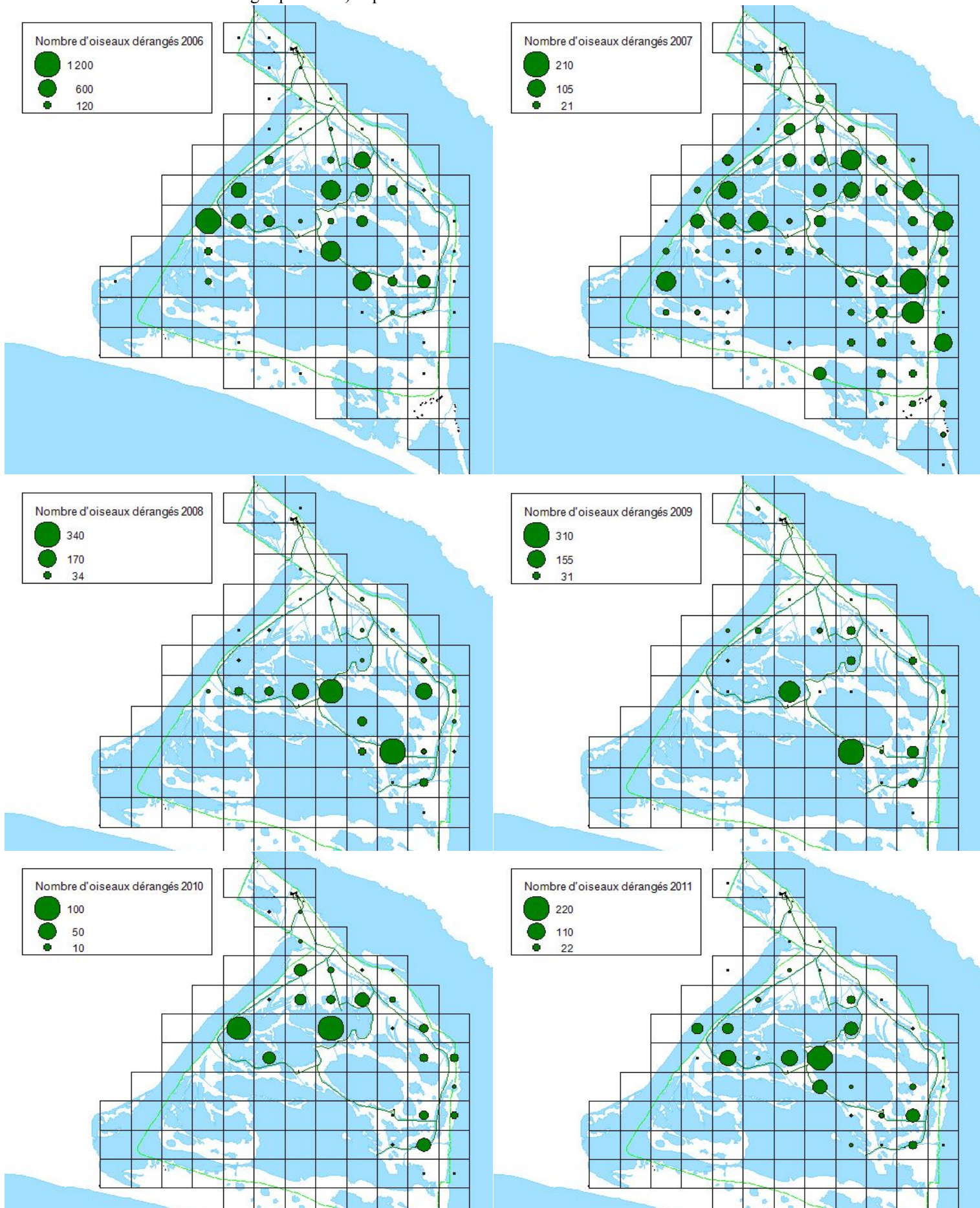
Répartition annuelle du nombre de passages par cases des agents de l'EID depuis 2006 :



Répartition annuelle du nombre de dérangements par cases depuis 2006 :



Répartition annuelle des dérangements occasionnés chez les oiseaux d'eau en termes d'abondance (nombre total d'oiseaux dérangés par cases) depuis 2006 :



Répartition annuelle de l'importance du dérangement (rapport du nombre d'oiseaux dérangés par le nombre de dérangements) par cases depuis 2006 :

