



Le Butor étoilé *Botaurus stellaris*

Bilan des connaissances dans le Nord et le Pas-de-Calais

Année 2019



© Karl Gillebert

Table des matières

Remerciements	3
Le Butor étoilé en période de nidification.....	4
1- Méthode.....	4
2- Résultats	5
3- Evolution de la population NICHEUSE.....	5
4 - Conclusion	8
Figures	
Figure 1 : Liste des sites prospectés en 2019.	4
Figure 2 : Localisation et estimation des mâles chanteurs	5
Figure 3 : Evolution des effectifs de Butor étoilé dans le Nord et le Pas-de-Calais	6
Figure 4 : Localisation des pointages GPS du mâle en provenance de la Brenne (© Cherine).....	6
Figure 5 : Cartographie de la localisation du Butor étoilé porteur de la balise GPS (© Cherine)	7
Figure 6 : Cartographie de la localisation du Butor étoilé porteur de la balise GPS au Lac du Héron (© Cherine)	8

Remerciements

Nos remerciements vont à tous les bénévoles et salariés appartenant aux structures citées ci-dessous qui ont participé aux suivis ou fait remonter des observations du Butor étoilé sur les sites régionaux en 2019 :

- Conservatoire des espaces naturels du Nord – Pas-de-Calais
- Département du Nord
- EDEN 62
- GON
- LPO 62
- Métropole Européenne de Lille
- Parc naturel régional des caps et marais d’Opale
- Parc naturel régional Scarpe-Escaut

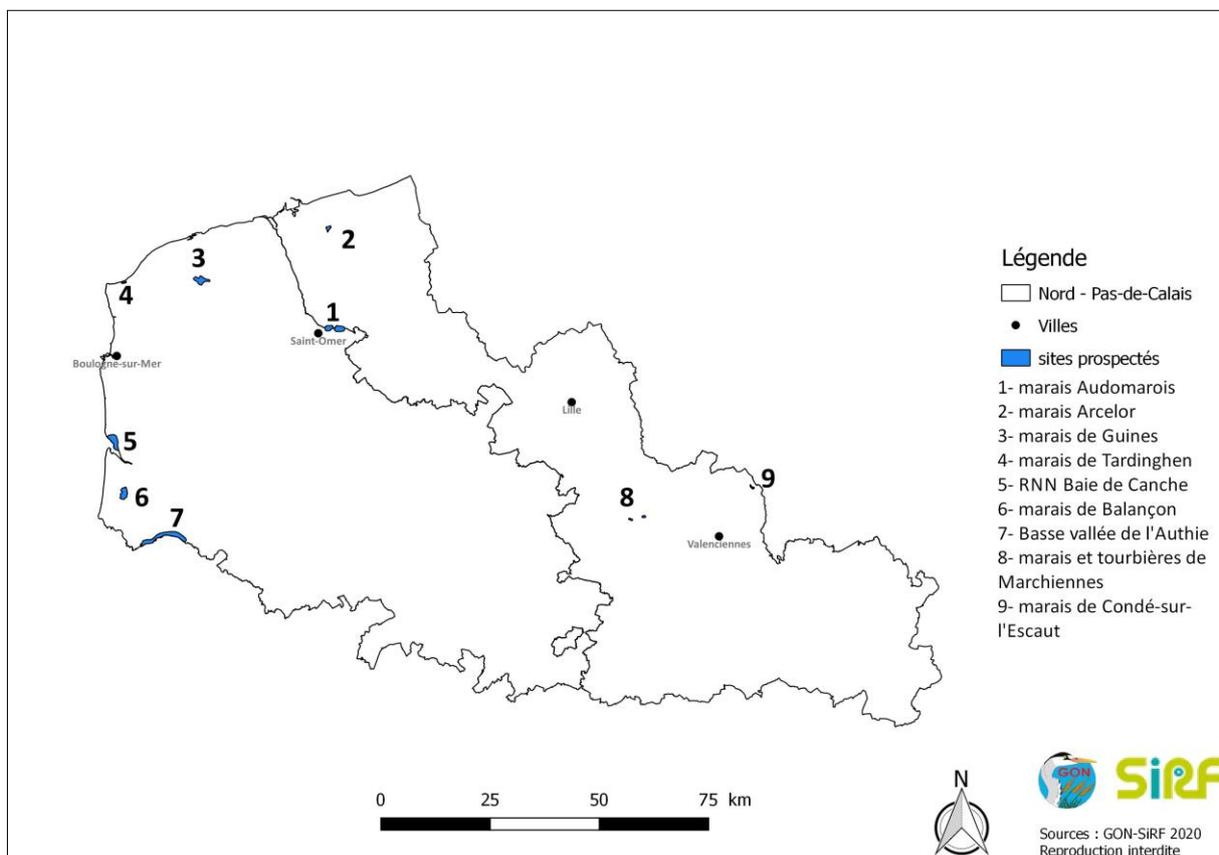
Le Butor étoilé en période de nidification

1- METHODE

L'objectif est d'évaluer le plus précisément possible l'effectif de la population nicheuse de Butor étoilé par l'écoute du chant du mâle, d'avril à juillet. La méthode utilisée est l'application du protocole de l'enquête nationale sur chaque site de présence potentielle.

La liste des sites potentiels d'accueil du Butor étoilé a été établie et cartographiée lors de la déclinaison du plan national d'actions et à dire d'experts. La plupart d'entre eux sont habituellement suivis lors des enquêtes nationales et d'autres sont suivis annuellement. En 2019, 9 grands sites ont été inventoriés dans le Nord et le Pas-de-Calais (Figure 1).

Figure 1 : Liste des sites prospectés en 2019.

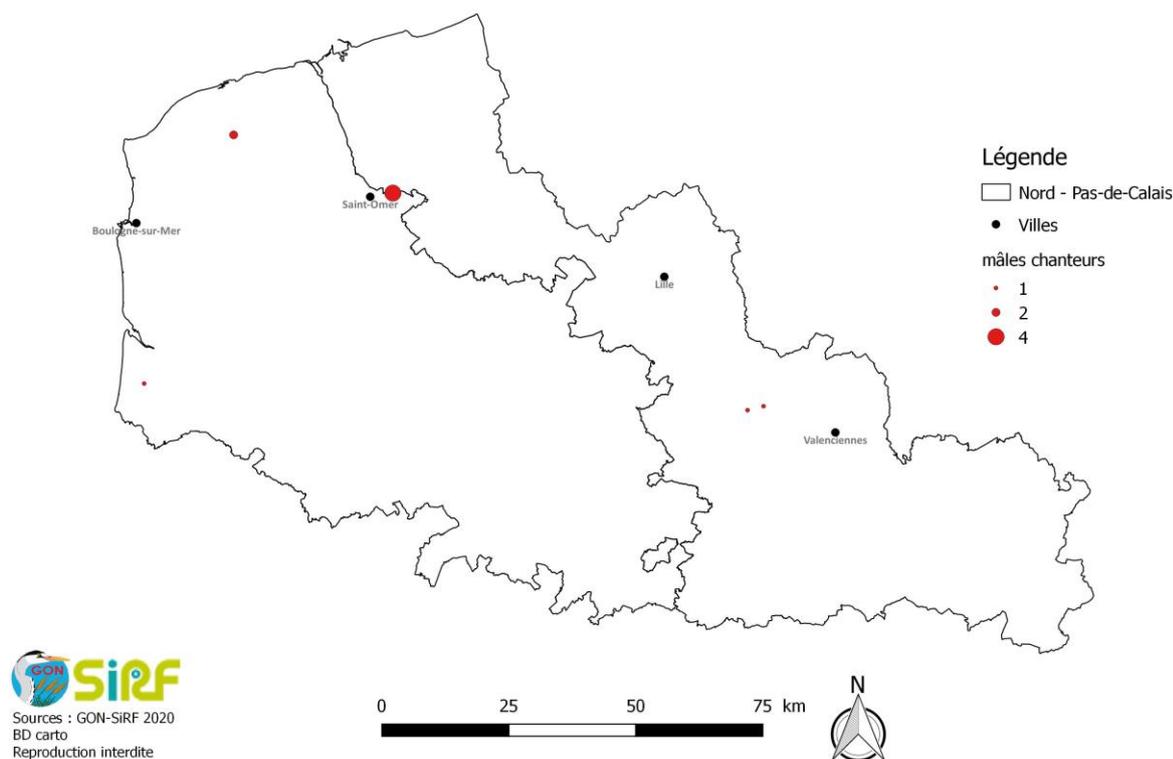


2- RESULTATS

En 2019, 9 Butors étoilés ont été dénombrés et sont répartis dans 5 sites (Figure 2). Quatre de ces sites hébergent régulièrement l'espèce :

- le marais Audomarais avec 4 chanteurs (3 probables + 1 possible) ;
- le marais de Guînes avec 2 mâles chanteurs (1 probable + 1 possible) ;
- le marais de Balançon avec un mâle chanteur possible ;
- le complexe humide aux alentours de Marchiennes avec 2 mâles chanteurs (2 probables).

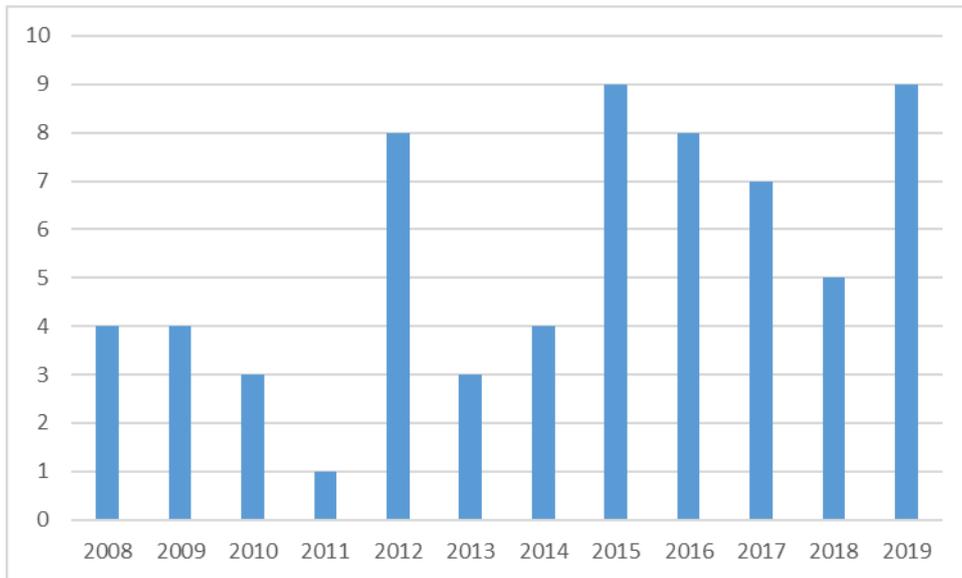
Figure 2 : Localisation et estimation des mâles chanteurs



3- EVOLUTION DE LA POPULATION NICHEUSE

Depuis plusieurs années, la situation du Butor étoilé est critique du fait de ses faibles effectifs mais les efforts de gestion de son habitat ont permis de contribuer à la stabilisation des effectifs restants (Figure 3). Malgré tout, cela fait plus de 10 ans que les effectifs n'ont jamais été aussi élevés sans toutefois dépasser la barre des 10 mâles chanteurs. La population a retrouvé l'effectif de 2015 (9 mâles chanteurs), après 3 années de diminution. En effet, l'année 2018 ne comptait que 5 mâles chanteurs.

Figure 3 : Evolution des effectifs de Butor étoilé dans le Nord et le Pas-de-Calais



L'année 2019 a été marquée par l'arrivée d'un mâle adulte en provenance de la Brenne. En effet, Jacques Trotignon (responsable du programme et du site de Cherine dans la Brenne) nous a sollicité et envoyé la carte de la localisation des pointages GPS enregistré. Ce butor a visité plusieurs sites entre le 16 et le 21 avril (Figure 4). Il a notamment visité le marais de Sonnevillie et deux marais privé. A l'aide des différents pointages GPS, nous avons pu constater que le site se prêtait très bien pour accueillir le Butor étoilé en reproduction où un mâle chanteur a été entendu le 5 et le 20 mai..

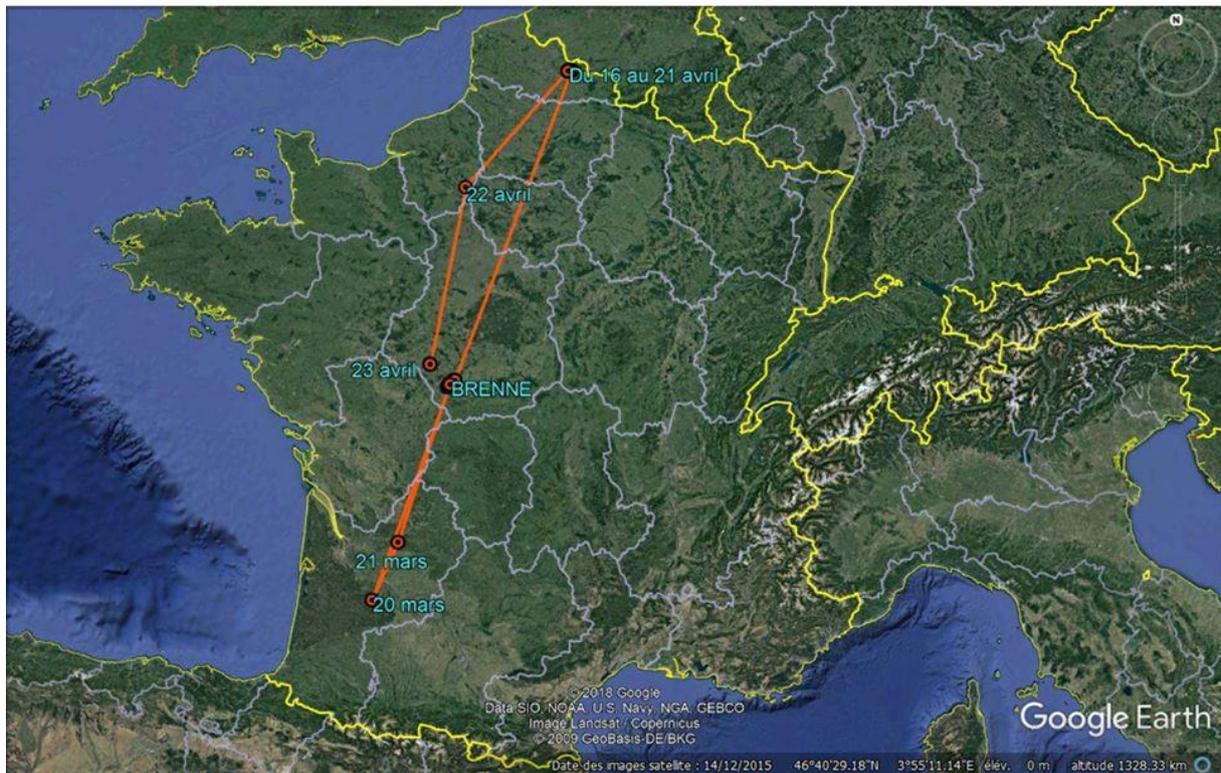
Figure 4 : Localisation des pointages GPS du mâle en provenance de la Brenne (© Cherine).



Photo du Butor étoilé porteur de balise GPS (© Cherine)



Figure 5 : Cartographie de la localisation du Butor étoilé porteur de la balise GPS (© Cherine)



Chose étonnante, en septembre, ce même individu, après être reparti en Brenne pour l'été (Figure 6), est revenu en région où il a passé plus d'un mois (du 5 septembre au 14 octobre) en bordure du Lac du Héron à Villeneuve d'Ascq.

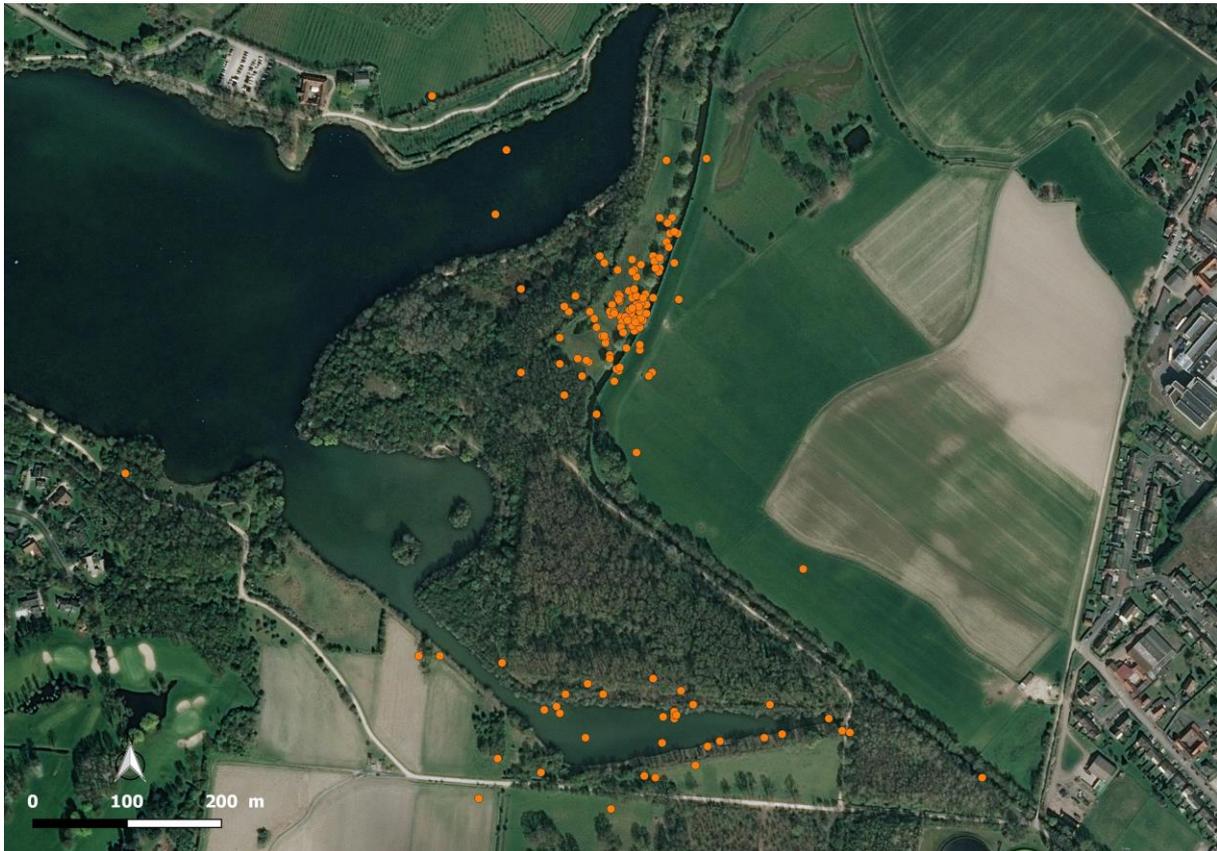


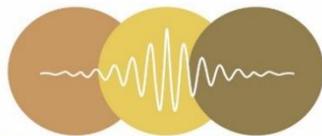
Figure 6 : Cartographie de la localisation du Butor étoilé porteur de la balise GPS au Lac du Héron (© Chérine)

4 - CONCLUSION

La coopération de nombreux acteurs pour dénombrer les mâles chanteurs du Butor étoilé dans le Nord et le Pas-de-Calais permet d'assurer une pression d'observation constante et suffisante conduisant à une évaluation très précise de la population.

Ces suivis ont ainsi permis de classer le Butor étoilé dans les espèces « En danger critique d'extinction » sur le territoire dans la dernière *Liste rouge des oiseaux nicheurs du Nord – Pas-de-Calais*.

En 2019, au minimum cinq secteurs ont été utilisés par le Butor étoilé en période de reproduction dont quatre d'entre eux l'accueillent chaque année.



Biologiste Ecologue Consultant

Julian PICHENOT – B.E.C.



Expérimentation de suivis acoustiques sur le Butor étoilé en région Hauts-de-France

Analyse des données collectées Bilan des deux années d'expérimentation (2017-2018)



© Julian Pichenot

Rédaction : Cédric Beaudoin et Julian Pichenot



■ Etablissement public du Ministère chargé du développement durable



Table des matières

Introduction et contexte de l'étude.....	4
1 Matériel et méthodes.....	5
1.1 Localisation des sites d'étude.....	5
1.2 Matériel d'enregistrement	6
1.3 Description du chant du Butor étoilé	7
1.3.1 Le chant.....	7
1.3.2 Approche quantitative	9
1.3.3 Approche qualitative	10
1.4 Limites de l'individualisation acoustique	11
2 Résultats.....	13
2.1 Echantillon sonore collecté en 2018.....	13
2.1.1 Marais audomarois	14
2.1.2 Tourbière de Marchiennes	18
2.1.3 Baie de Somme.....	19
2.2 Bilan pour le Butor étoilé à l'issue des deux années.....	22
3 Synthèse des résultats obtenus en 2017-2018	27
3.1 Bilan des analyses sur les enregistrements de Butor étoilé	27
3.2 Zoom sur les déplacements des mâles chanteurs dans le marais Audomarois	27
4 Conclusion.....	28
Bibliographie.....	30

FIGURES

Figure 1 : Localisation des sites de collecte des enregistrements.....	6
Figure 2 : Représentation graphique d'un chant de Butor étoilé	8
Figure 3 : Distribution des distances acoustiques entre groupes de chants d'individus différents ou du même individu	10
Figure 4 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements du Marais Audomarois en 2017 (individus « A » et « C »).....	14
Figure 5 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements du Marais Audomarois en 2018 (individus « E », « F » et « H »)	16
Figure 6 : Localisation approximative du chanteur « E » le 26/04/2018	18
Figure 7 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements de la Tourbière de Marchiennes en 2018 (individu « D »)	19
Figure 8 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements de la Baie de Somme en 2017 (individu « B »)	20
Figure 9 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements de la Baie de Somme en 2018 (individu « G »)	21
Figure 10 : Localisation approximative du chanteur « G » le 26/04/2018	21
Figure 11 : Spectrogrammes types des 8 individus identifiés à l'issue des deux années	23
Figure 12 : Discrimination en deux dimensions des 8 individus (mesures incomplètes : boums uniquement .	25
Figure 13 : Discrimination en trois dimensions des individus A, D, E, G, H (mesures complètes : pompes et boums).....	26
Figure 14 : Localisation des mâles chanteurs enregistrés dans le marais Audomarois.	28

TABLEAUX

Tableau 1 : Sites de collecte des enregistrements et espèces concernées en 2017	5
Tableau 2 : Sites de collecte des enregistrements et espèces concernées en 2018	5
Tableau 3 : Nombre de fichiers obtenus par date et par site pour le Butor étoilé.....	13
Tableau 4 : Nombre de fichiers exploitables pour le Butor étoilé	13
Tableau 5 : Comparaison du nombre de Butors étoilés notés (à l'écoute) avec l'effectif identifié par l'acoustique	15
Tableau 6 : Dates et sites de « capture » des 8 Butors étoilés identifiés par l'acoustique.....	22
Tableau 7 : Bilan de l'individualisation des Butors étoilés par sites et dates en 2017-2018	27

INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE

En 2017, le GON a initié une expérimentation de suivis de plusieurs espèces patrimoniales d'oiseaux, en utilisant une technique innovante et non invasive : la bioacoustique.

Le but principal de cette étude est d'améliorer les connaissances régionales (Hauts-de-France) en particuliers sur le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*), tout en expérimentant la bioacoustique.

Pour résumer, il s'agissait avant tout de :

- Collecter des enregistrements en 2017-2018 ;
- Analyser les échantillons sonores pour rechercher ou appliquer une méthode d'individualisation des chanteurs ;
- Estimer le nombre d'individus présents sur la base de ces résultats et décrire leur comportement (déplacements, postes de chant utilisés...) ;
- Proposer un protocole de suivi sur le long terme basé sur cette approche.

Le présent rapport présente les analyses réalisées et les résultats obtenus sur la base de l'échantillon sonore collecté à l'issue des deux années 2017 et 2018.

1 MATERIEL ET METHODES

1.1 Localisation des sites d'étude

Pour rappel, en 2017, des enregistrements ont concerné seulement deux sites. La localisation de ces sites et les espèces concernées sur chacun d'eux sont précisés dans le **tableau 1** et sur la **figure 1**.

Tableau 1 : Sites de collecte des enregistrements et espèces concernées en 2017

Sites	Départements	Communes
Cuvette de Clairmarais	62	Clairmarais
Baie de Somme	80	Noyelles-sur-Mer

En 2018, les enregistrements ont concerné 3 sites dont deux identiques à 2017 (**Tableau 2** et **figure 1**).

Tableau 2 : Sites de collecte des enregistrements et espèces concernées en 2018

Sites	Départements	Communes
Cuvette de Clairmarais	62	Clairmarais
Tourbière de Marchiennes	59	Marchiennes
Baie de Somme	80	Noyelles-sur-Mer

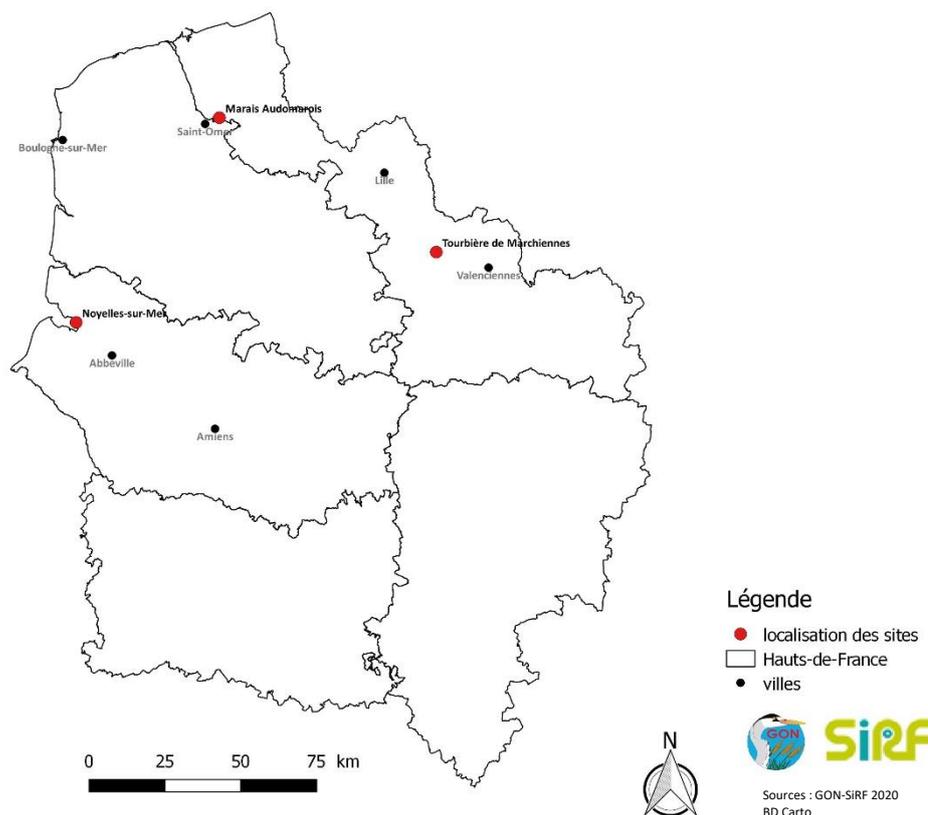


Figure 1 : Localisation des sites de collecte des enregistrements

1.2 Matériel d'enregistrement

Le matériel utilisé pour l'enregistrement est le même qu'en 2017. Il est composé d'un microphone à directivité supercardioïde de modèle K6-ME67 et de marque SENNHEISER. En 2017, l'enregistreur était toujours un modèle DR-100 MK3 de la marque TASCAM, qui dispose d'entrées XLR et de la fonction « pre-rec », très utile dans le cadre de cette étude. En effet, cette fonction permet, grâce à une mémoire tampon, de ne pas manquer le début du chant en débutant un enregistrement rétroactivement deux secondes avant que l'expérimentateur ait actionné la touche « rec ».

En 2018, en plus du TASCAM DR-100-MK3, plusieurs séquences ont été obtenues avec un modèle antérieur de la même gamme (DR-100 ; enregistrements de Butor étoilé réalisés par J. Pichenot le 26/04/2018 sur le Marais Audomarois et en Baie de Somme).

Il est important de noter que même si ces enregistreurs sont quasiment identiques, la différence de version de l'appareil peut expliquer des différences observées dans les mesures réalisées sur les chants et qu'il est préconisé d'utiliser strictement le même matériel pour aboutir à des analyses quantitatives fiables. Pour ces raisons, les enregistrements concernés par le DR-100 ont été exclu des analyses quantitatives.

Notons qu'un protocole d'acquisition et d'archivage des enregistrements réalisés dans le cadre de cette étude a été rédigé et qu'il est fourni en annexe du précédent rapport (PICHENOT, 2018 ; Annexe I).



Illustration du matériel utilisé pour les enregistrements : microphone directionnel (suspension et bonnette anti-vent ¹), enregistreur numérique portable et casque audio

1.2.1 Description du chant du Butor étoilé

Les analyses quantitatives (statistiques sur des mesures fréquentielles, temporelles ou d'intensité) ou qualitatives (comparaisons visuelles) sont réalisées à partir de représentations visuelles du chant de ces espèces, sur lesquelles il est possible de faire des mesures ou d'établir des comparaisons.

Dans le cas présent, deux types de représentations visuelles sont exploitées :

- Le **spectrogramme** qui représente la variation de la fréquence et de l'intensité au cours du temps ;
- L'**oscillogramme** (ou forme d'onde) qui représente la variation de l'intensité au cours du temps.

1.2.2 Le chant

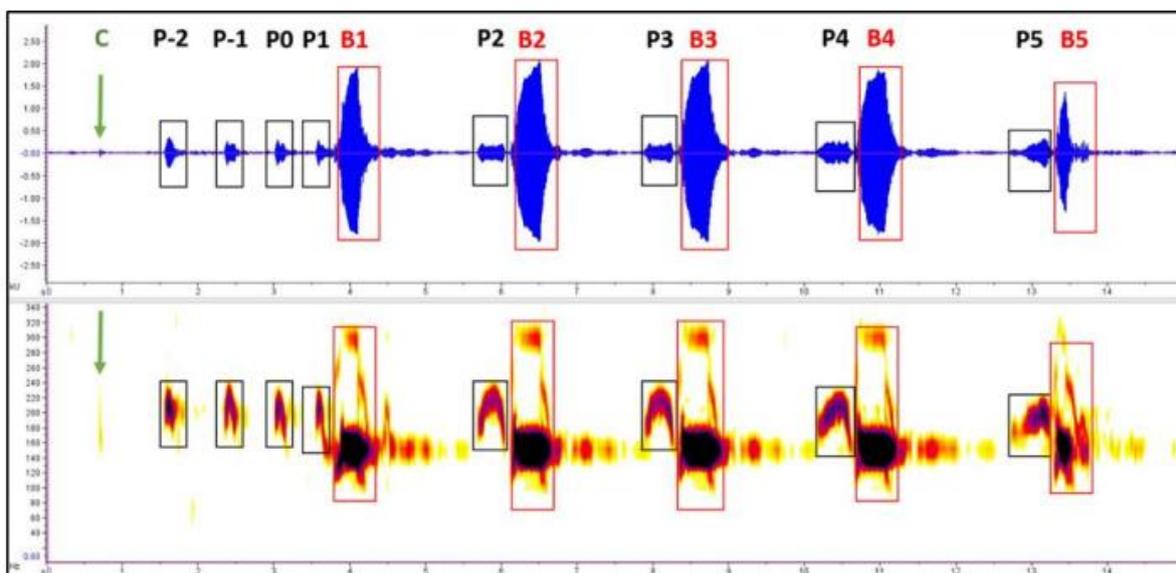
Pour visualiser le chant du Butor étoilé et en extraire des paramètres quantitatifs, il est nécessaire d'utiliser un logiciel qui permette d'obtenir plusieurs représentations visuelles du son. Un exemple de représentation d'un chant de Butor étoilé est illustré ci-dessous (Figure 2).

¹ La fourrure anti-vent n'est utilisée qu'en cas de vent modéré à fort. La bonnette utilisée (zeppelin) est suffisante dans la majorité des cas.

Le chant du Butor étoilé débute par une série de claquements de bec, souvent peu audibles, sauf à très courte distance en général (moins de 50 mètres dans de bonnes conditions). S'en suit une série de 2 à 5 aspirations (l'oiseau stocke de l'air dans son œsophage), qui sont nommées « **pompes** » (*'pumps'* en anglais). Puis le chant est une alternance entre des pompes plus longues que dans la première partie du chant et des « **boums** » (*'booms'* en anglais), produits par l'expulsion de l'air. La différence d'intensité entre les pompes et les boums est visible sur l'oscillogramme.

Pour nommer les différents éléments du chant, un « P » est utilisé pour les pompes et un « B » pour les boums.

Figure 2 : Représentation graphique d'un chant de Butor étoilé



Oscillogramme (en haut) et spectrogramme (en bas) d'un chant de Butor étoilé, enregistré en Lorraine en 2015. **C** : claquement de bec ; **P** : pompes (aspiration de l'air) ; **B** : Boums (expulsion de l'air). En terme de nomenclature, la pompe « P1 » est toujours celle qui se trouve juste avant le premier boum (B1). Les pompes précédentes sont numérotées de manière soustractive en reculant vers le début du chant, tandis que les suivantes sont numérotées de manière additive en allant vers la fin du chant. Ceci permet de comparer des éléments homologues selon leur position dans le chant. Notons que le 5^{ème} boum de ce chant (B5) est dit « avorté » (ou étouffé).

Le nombre d'éléments du chant du Butor étoilé est connu pour varier chez un même individu au cours de la saison (voir par exemple POULIN & LEFEBVRE, 2003b). Il est donc peu informatif en général pour identifier / différencier les individus.

Le nombre de boums est généralement compris entre 3 et 6, avec un minimum de 1 boum (cas peu fréquents de chants incomplets) et un maximum de 7 (également peu fréquent). Ainsi, la durée du chant est, elle aussi, variable.

Par ailleurs, la structure des boums peut aussi varier. Certains boums, dits « avortés » sont émis de manière étouffée (voir le 5^{ème} boum de la Figure 2). Ces boums avortés sont plus courts et ont une intensité moins importante, comme si l'oiseau était à court de souffle. La production de boums avortés

complique les analyses pour l'individualisation des chanteurs puisqu'un même individu peut produire successivement des chants contenant un nombre plus ou moins important de bords avortés ou aucun. Il existe aussi une variation saisonnière chez la majorité des individus dans la production de bords avortés (POULIN & LEFEBVRE, 2003). Les analyses doivent donc intégrer cette contrainte.

1.2.3 Approche quantitative

La première approche, la plus rigoureuse et complexe, consiste à réaliser des mesures très précises, décrivant les chants à l'aide de logiciels spécialisés :

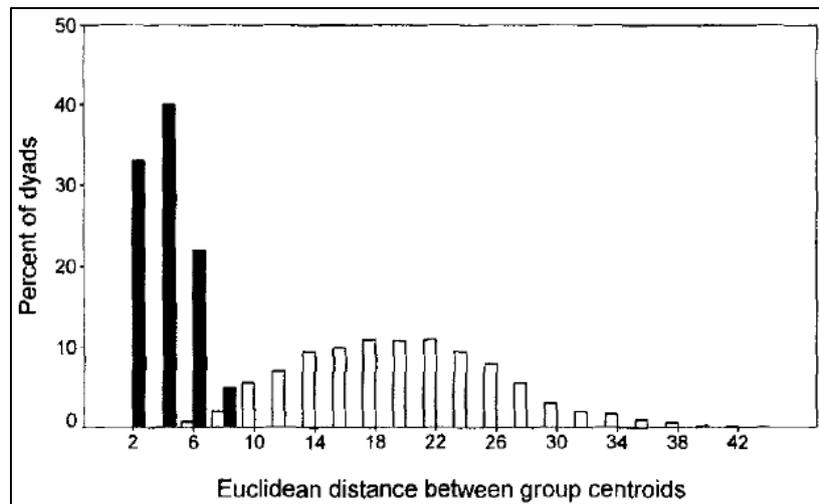
- mesures temporelles (exemple : durée d'un motif du chant ou de l'intervalle entre les motifs) ;
- mesures fréquentielles (exemple : fréquence moyenne d'un motif du chant) ;
- mesures d'amplitudes (exemple : amplitude ou variation d'amplitude d'un motif du chant).

La réalisation de ces mesures n'est toutefois pas suffisante en tant que telle pour aboutir à une individualisation. En effet, il est ensuite nécessaire de réaliser des analyses statistiques sur la base de ces mesures.

Dans le cas le plus simple, lorsque le nombre d'individus à discriminer est faible et les variables très efficaces pour les séparer, cela peut se faire très facilement par le biais d'analyses univariées ou multivariées. Cependant, la plupart du temps, le nombre d'individus n'est pas connu au départ et les variables ne permettant pas toujours de les discriminer parfaitement. L'une des approches proposées pour aboutir à une individualisation peut alors consister à calculer des « distances acoustiques » (**Figure 4**). Pour cela, on calcule des mesures moyennes sur les chants d'individus dont on sait de manière certaine qu'ils sont différents (par exemple des chanteurs enregistrés au cours d'une durée restreinte à des endroits différents) ou, au contraire, sur plusieurs chants appartenant de manière certaine au même individu. Ainsi, il est possible, sur la base d'un échantillon suffisant, d'établir un seuil dans les distances acoustiques permettant de considérer que deux chants sont suffisamment différents l'un de l'autre pour appartenir à un individu différent (distance acoustique supérieure au seuil fixé), ou qu'au contraire, ces deux chants sont suffisamment proches pour que l'on considère qu'ils appartiennent à un même individu (distance acoustique inférieure au seuil fixé).

Cette approche a notamment été utilisée sur le Rôle des genêts (PEAKE *ET AL.*, 1998). En 2015, elle a également été adaptée dans le cadre d'un suivi réalisé sur le Butor étoilé en Lorraine (PICHENOT, 2015).

Figure 3 : Distribution des distances acoustiques entre groupes de chants d'individus différents ou du même individu



(Extrait de PEAKE ET AL., 1998)

En noir : distances acoustiques entre chants appartenant au même individu.
En blanc : distances acoustiques entre chants appartenant à des individus différents.

1.2.4 Approche qualitative

Cette seconde approche, qui peut être dite « naturaliste », est beaucoup plus subjective et fait avant tout appel au sens de l'observation et à l'expérience d'un expérimentateur.

Il s'agit tout simplement d'utiliser une représentation visuelle, obtenue à l'aide d'un logiciel spécialisé, pour comparer les chants entre eux. La plupart du temps, cette comparaison est établie sur la base des spectrogrammes qui donnent une vision plus globale des variations (fréquence, durée, amplitude) que les oscillogrammes.

Cette approche a été utilisée avec succès sur plusieurs espèces. Citons, à titre d'exemple :

- La Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) (MULHAUSER & ZIMMERMANN, 2010) ;
- la Gélिनotte des bois (*Tetrastes bonasia*) (MULHAUSER & ZIMMERMANN, 2014) ;
- Le Butor étoilé (GILBERT ET AL., 1994 ; GILBERT ET AL., 2002 ; RATHGEBER, 2004) ;
- La Bouscarle de Cetti (SIMAR, 2014).

Dans le cadre du suivi acoustique du Butor étoilé réalisé en Lorraine, cette approche est utilisée de manière complémentaire avec l'approche quantitative et s'avère particulièrement efficace (PICHENOT, 2015).

1.3 Limites de l'individualisation acoustique

La réussite d'un suivi basé sur la bioacoustique n'est jamais assurée. En effet, différentes limites sont à prendre en considération. Elles dépendent à la fois des espèces suivies, du contexte dans lequel elles se trouvent (type de milieu, accessibilité...), des moyens mis en œuvre (matériel, moyens humains...), de l'expérience des preneurs de son...

La première limite concerne l'espèce visée en tant que telle. Pour qu'une individualisation soit possible, il est nécessaire que les sons étudiés (chants) présentent : **1/ une faible variation intra-individuelle** (le chant d'un individu doit peut varier au cours de l'étude) et, à l'inverse, **2/ une forte variation inter-individuelle** (les individus étudiés doivent avoir un chant suffisamment différent). Ceci permet en effet d'extraire une **signature acoustique** spécifique à chaque individu, mais qui est constante. Ainsi, l'espèce visée (ou la population) se prêtera plus ou moins bien au suivi bioacoustique en fonction de ces deux conditions.

Ensuite, la principale limite d'application de ces approches concerne généralement la possibilité d'obtenir des **enregistrements nombreux et de bonne qualité**. En effet, le nombre d'enregistrements obtenus va déterminer la représentativité des données collectées, que ce soit pour une approche quantitative ou qualitative. Il faut toujours pouvoir s'assurer que les deux conditions citées précédemment sont respectées pour l'obtention d'une signature acoustique fiable et donc comparer un nombre suffisant d'enregistrements pour chaque chanteur à individualiser. Par ailleurs, lorsque la qualité des enregistrements est insuffisante, l'approche quantitative peut être inapplicable (mesures erronées ou biaisées), de même que l'approche qualitative (spectrogrammes difficilement « lisibles »). Il arrive plus fréquemment que l'approche qualitative soit la seule applicable, lorsque l'approche quantitative ne l'est pas, faute d'une qualité suffisante des enregistrements.

La qualité des enregistrements dépend essentiellement de trois paramètres :

- La distance d'enregistrement (entre l'oiseau enregistré et le microphone) et le contexte (végétation ou autres éléments pouvant influencer la propagation du son) ;
- L'ambiance sonore dans laquelle l'enregistrement est réalisé (autres sons biologiques masquant le son visé, pollution sonore...) ;
- La qualité du matériel d'enregistrement.

Ces trois paramètres vont influencer le rapport signal/bruit c'est-à-dire, pour simplifier, le rapport entre l'importance du signal visé (chant de l'espèce que l'on souhaite enregistrer) et l'importance du bruit (tous les autres sons, qu'ils soient naturels ou non).

Lorsque la distance d'enregistrement est importante, le son visé sera d'autant plus masqué par l'ambiance sonore. Toutefois, dans certains cas, même en étant très proche de l'oiseau, l'ambiance

sonore peut fortement altérer la prise de son et rendre l'enregistrement inexploitable en masquant le chant de l'espèce visée.

Par ailleurs, certaines fréquences composant ce chant n'atteindront pas le microphone s'il se situe trop loin. Si l'analyse est basée sur les fréquences, il est donc parfois indispensable d'obtenir des enregistrements à une distance la plus faible possible. Dans le cas du Butor étoilé, par exemple, une distance maximale d'une centaine de mètres est recommandée, tandis que pour la Marouette ponctuée ou le Râle des genêts, la distance ne doit pas dépasser les 15-20 mètres, ce qui suppose de pouvoir approcher l'oiseau, sans pour autant le déranger.

Enfin, concernant le matériel, la plupart des enregistreurs numériques portables actuels ont une qualité suffisante pour l'enregistrement et l'individualisation acoustique. Le facteur limitant est plus souvent le microphone, dont les caractéristiques seront plus moins appropriées pour obtenir des enregistrements exploitables (amplification, sensibilité, bruit propre...).

Notons qu'un microphone parabolique est déconseillé pour ces études, en particulier lorsqu'elles visent la réalisation de mesures fréquentielles. En effet, pour des raisons physiques, une parabole constitue un filtre pour certaines longueurs d'onde élevées (sons graves). L'enregistrement réalisé avec un tel microphone ne peut donc pas restituer parfaitement les fréquences composant le chant d'un oiseau, lorsque ce dernier est grave. A titre d'exemple, pour l'enregistrement des fréquences les plus graves d'un chant de Butor étoilé (fréquences fondamentales proches de 150 Hz), il faudrait utiliser une parabole d'un diamètre de plus de 2 mètres... ce qui est peu commode sur le terrain !

En ce qui concerne les objectifs visés par les études basées sur l'individualisation acoustique, notons que cette approche se base quasi exclusivement sur les vocalisations des mâles et rarement sur celles de femelles. Ceci est à prendre en considération dans le cas d'une espèce qui est polygame, comme le Butor étoilé ou le Râle des Genêts, pour éviter les conclusions erronées sur l'effectif classiquement déduits des comptages (nombre de « couples » nicheurs). Par ailleurs, seul le comportement ou encore la survie des mâles actifs vocalement peuvent être étudiés de cette manière (comportement des femelles inconnu). Cependant, notons que sur des espèces aussi discrètes, l'acquisition d'informations sur les mâles chanteurs est quasiment la seule méthode non invasive permettant d'étudier le comportement des individus et d'obtenir une image partielle de la dynamique d'une population.

2 RESULTATS

2.1 Echantillon sonore collecté en 2018

En 2018, le Butor étoilé a été enregistré sur trois sites (**Tableau 3**) :

- le Marais Audomarois (13/04, 26/04 et 11/05) ;
- la Grande tourbière de Marchiennes (11/04 et le 24/04)
- la Baie de Somme (18/04 et 26/04).

Tableau 3 : Nombre de fichiers obtenus par date et par site pour le Butor étoilé

Site	Nombre de fichiers						TOTAL
	11/04/2018	13/04/2018	18/04/2018	24/04/2018	26/04/2018	11/05/2018	
MARAIS AUDOMAROIS		43			8	42	93
TOURBIERE DE MARCHIENNES	14			29			29
BAIE DE SOMME (Rencloître Elluin)			36		19		55
							177

Au total, 177 enregistrements de Butor étoilé (fichiers sonores) ont été obtenus sur ces deux sites. Comme en 2017, une partie seulement de ces enregistrements s'est avérée exploitable pour les analyses acoustiques. Pour le Butor étoilé, dans le cas présent, un chant est considéré comme exploitable lorsque les éléments (pompes et boums) sont suffisamment bien visibles sur le spectrogramme pour permettre *a minima* un examen qualitatif et, si possible, réaliser des mesures. Finalement, les effectifs exploitables (ou en partie exploitables) ont été les suivants (**Tableau 4**) :

Tableau 4 : Nombre de fichiers exploitables pour le Butor étoilé

Site	Nombre de fichiers						TOTAL
	11/04/2018	13/04/2018	18/04/2018	24/04/2018	26/04/2018	11/05/2018	
MARAIS AUDOMAROIS		13			3	17	33
TOURBIERE DE MARCHIENNES	11			8			19
BAIE DE SOMME (Rencloître Elluin)			12		12		24
							76

Un peu moins de la moitié des enregistrements s'est donc avéré exploitable : 76 au total, dont 64 sur lesquels tous les motifs utilisés pour les analyses quantitatives étaient mesurables précisément (pompes et boums).

Compte tenu des effectifs réduits, la démarche suivie dans ce rapport pour le Butor étoilé a consisté en la réalisation, en premier lieu, d'une analyse qualitative (comparaison des spectrogrammes), réalisée par site sur les enregistrements de 2017 et 2018, avant de conduire une analyse quantitative sur l'ensemble du jeu de données 2017-2018.

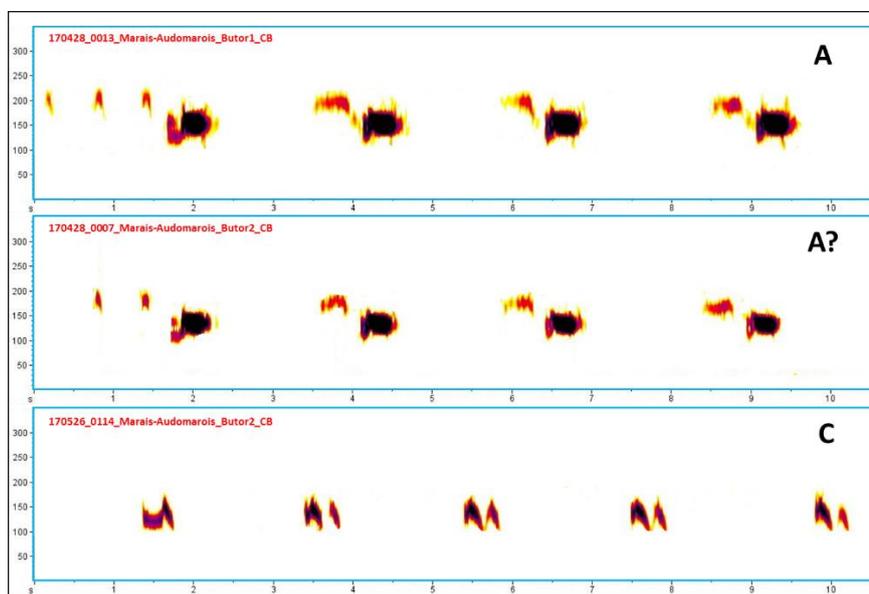
2.1.1 Marais audomarois

- **Rappel des résultats obtenus en 2017**

En 2017, l'échantillon sonore collecté sur le marais Audomarois était de 43 enregistrements. Seuls 10 de ces enregistrements étaient exploitables pour des analyses quantitatives et 12 pour des analyses qualitatives.

La figure ci-dessous (**Figure 6**) reprend les 3 spectrogrammes types utilisés pour la comparaison visuelle. Un code (lettre à droite) est attribué à ces 3 individus en vue d'établir des comparaisons avec ceux de 2018.

Figure 4 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements du Marais Audomarois en 2017 (individus « A » et « C »)



La comparaison des spectrogrammes avait permis de différencier clairement 2 individus (« A » et « C »), tandis qu'un doute subsistait vis-à-vis d'un éventuel troisième individu (« A? »), noté comme différent de « A » lors des enregistrements réalisés le 28/04/2017, mais dont le spectrogramme s'avère très proche de ce dernier.

Un réexamen des différents spectrogrammes montre qu'il est en fait très peu probable qu'il s'agisse de deux individus différents. Il est possible qu'un deuxième individu ait été enregistré le 28/04/2017, mais dans ce cas les enregistrements n'étaient pas exploitables. On peut donc conclure que l'acoustique a permis de distinguer deux individus sur le marais Audomarois en 2017 : « A » et « C ».

- **Résultats obtenus en 2018**

Les 33 enregistrements réalisés sur le marais Audomarois en 2018 ont permis d'individualiser 3 chanteurs différents.

Le tableau suivant (**Tableau 5**) présente une comparaison entre le nombre de chanteurs notés au moment des enregistrements (à l'écoute) et le nombre de chanteurs individualisés à la suite de la comparaison des spectrogrammes.

Tableau 5 : Comparaison du nombre de Butors étoilés notés (à l'écoute) avec l'effectif identifié par l'acoustique

	Site	Effectif noté à l'écoute (individus enregistrés)	Effectif identifié par l'acoustique
11/04/2018	Tourbière de Marchiennes	1	1
13/04/2018	Marais Audomarois	4	2
18/04/2018	Renclôture Elluin	1	1
24/04/2018	Tourbière de Marchiennes	1	1
26/04/2018	Marais Audomarois	2	1
	Renclôture Elluin	1	1
11/05/2018	Marais Audomarois	3	2

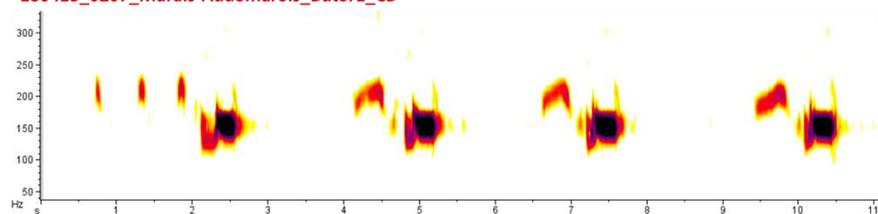
Les différences observées dans ce tableau s'expliquent en premier lieu par les enregistrements inexploitable qui concernaient généralement des individus trop éloignés du microphone, n'ayant pu être identifiés. C'est le cas notamment sur le marais Audomarois le 13/04/2018.

Notons cependant qu'il peut aussi arriver que des erreurs soient commises dans l'estimation du nombre de chanteurs à l'écoute, en particuliers lorsque le temps est venteux. A titre d'exemple, ce fut le cas le 26/04/2018 sur le marais Audomarois, alors que 4 observateurs étaient présents. Plusieurs enregistrements de deux chanteurs supposés ont été réalisés. L'effectif avait été estimé à deux compte tenu de l'intensité variable du chant et des deux localisations estimées des chanteurs, alors qu'il s'agissait en fait d'un seul et même chanteur, qui a pu être observé.

Figure 5 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements du marais Audomarois en 2018 (individus « E », « F » et « H »)

Marais Audomarois, 13/04/2018 (Cédric Beaudoin)

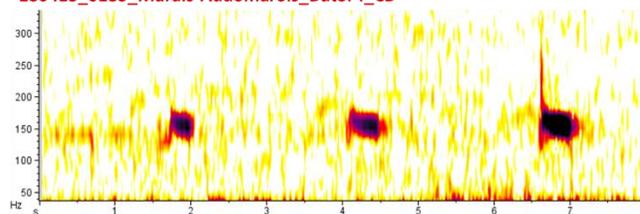
180413_0207_Marais-Audomarois_Butor1_CB



E

Marais Audomarois, 13/04/2018 (Cédric Beaudoin)

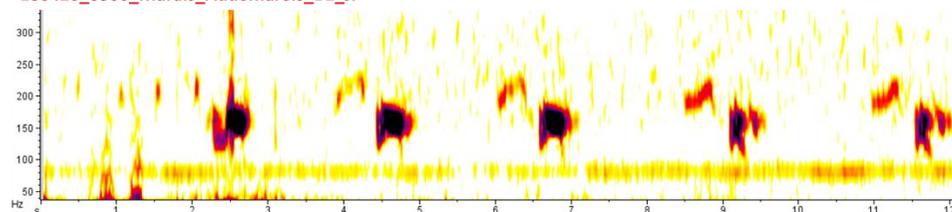
180413_0185_Marais-Audomarois_Butor4_CB



F

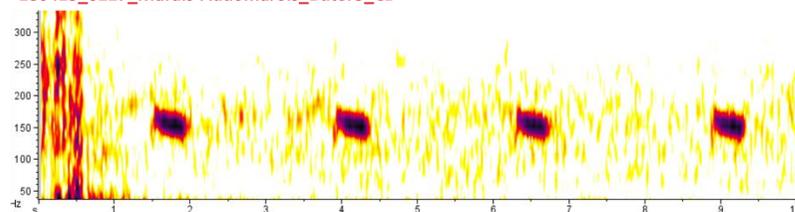
Marais Audomarois, 26/04/2018 (Julian Pichenot)

180426_0306_Marais_Audomarois_B1_JP



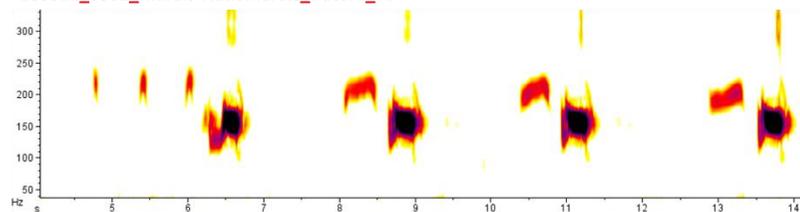
Marais Audomarois, 13/04/2018 (Cédric Beaudoin)

180413_0227_Marais-Audomarois_Butor3_CB



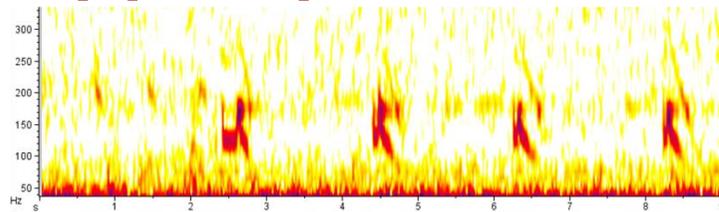
Marais Audomarois, 11/05/2018 (Thomas Bouvier)

180511_0302_Marais-Audomarois_Butor1_TB



Marais Audomarois, 15/05/2018 (Thomas Bouvier)

180511_0313_Marais-Audomarois_Butor2



H

La **figure 5** (page précédente) présente les meilleurs spectrogrammes obtenus sur les enregistrements de 2018 pour le marais Audomarois.

Les trois spectrogrammes situés à gauche ont été attribués à un même individu, nommé « E », qui a été enregistré à trois occasions : le 13/04/2018, le 26/04/2018 (individu observé), puis le 11/05/2018.

La **figure 6** (page suivante) indique la localisation approximative de ce chanteur à l'occasion de la session du 26/04/2018.

Les deux spectrogrammes en haut à droite, sont issus d'un individu *a priori* différent, nommé « F », qui a été enregistré le 13/04/2018. Les aspirations (pompes) sont difficilement visibles sur ces spectrogrammes, rendant la comparaison visuelle difficile. Les analyses quantitatives (menées uniquement sur les boums) devraient toutefois permettre de les différencier. Enfin, le spectrogramme en bas à droite correspond à un chanteur différent des deux autres (tous les boums « avortés »), qui a été nommé « H ».

En conclusion, en 2018, sur le marais Audomarois, 3 individus sont identifiés *a priori* par les analyses qualitatives, tandis que 1 à 4 chanteurs ont été notés « à l'écoute » à l'occasion des différentes sessions d'enregistrement.



Illustration du poste de chant du chanteur « E » sur le marais Audomarois, vu depuis le poste d'enregistrement, le 26/04/2018 (le chanteur a été observé sur la berge opposée de l'étang situé en arrière-plan).

Figure 6 : Localisation approximative du chanteur « E » le 26/04/2018



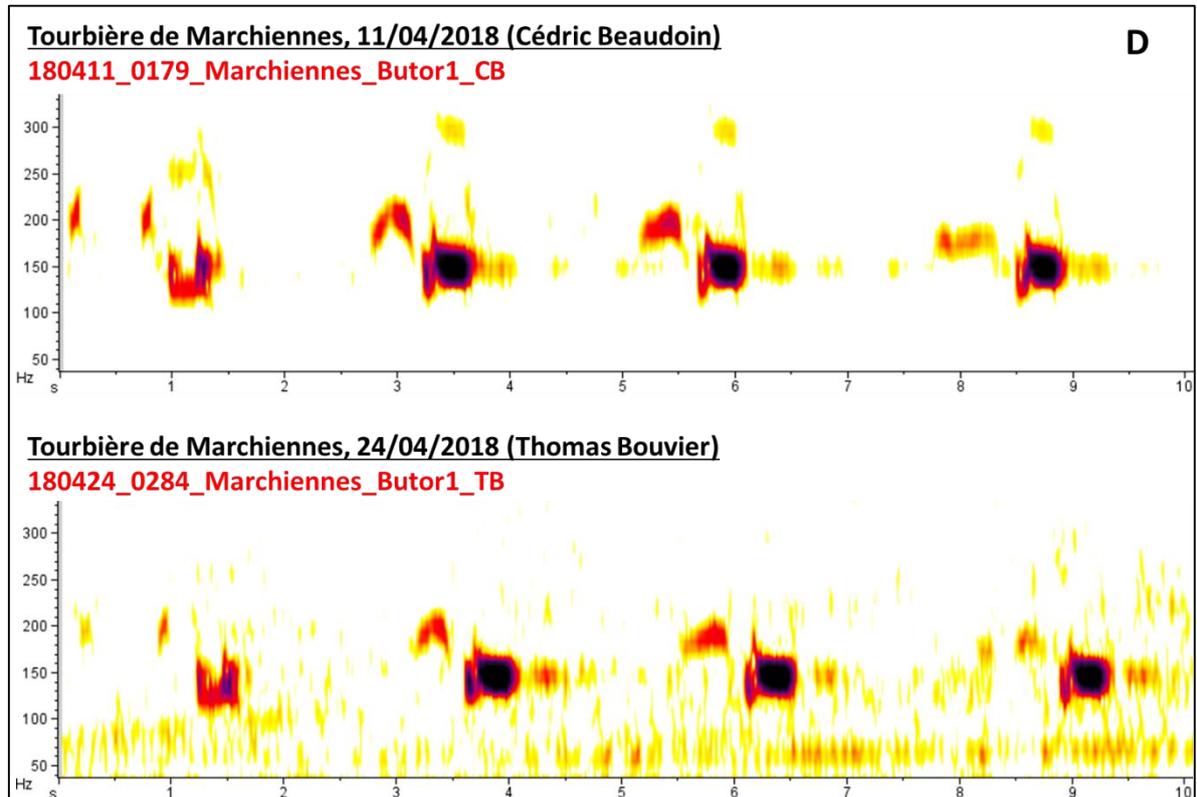
2.1.2 Tourbière de Marchiennes

Pour rappel, en 2017 aucun chanteur n'avait été enregistré sur ce site. Les résultats présentés ici ne concernent donc que l'année 2018.

Les 19 enregistrements exploitables (11 pour le 11/04/2018 et 8 pour le 24/04/2018), permettent d'identifier un seul et même individu, qui est nommé « D ».

La **figure 7** présente deux spectrogrammes types illustrant le chant de cet individu, aux deux dates concernées.

Figure 7 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements de la Tourbière de Marchiennes en 2018 (individu « D »)



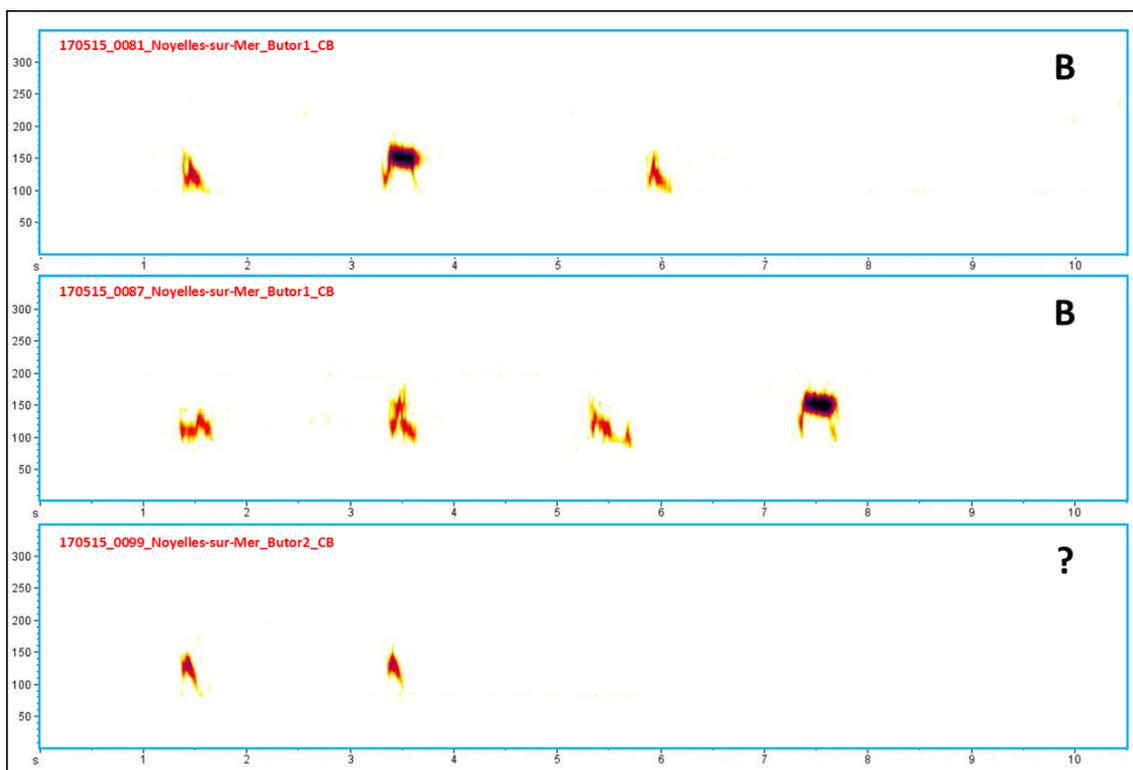
2.1.3 Baie de Somme

- **Rappel des résultats obtenus en 2017**

En 2017, tandis que deux individus avaient été différenciés sur le terrain (à l'écoute) lors de la session d'enregistrement du 15/05/2017 à Noyelles-sur-Mer, les spectrogrammes ne permettent pas de le confirmer faute d'une qualité suffisante (**Figure 8**) : les pompes ne sont en effet pas visibles (chanteur distant).

Un seul individu, enregistré à deux reprises, est ici nommé : « B ». Pour le second, il n'est pas possible de certifier s'il s'agit ou non d'un individu différent.

Figure 8 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements de la Baie de Somme en 2017 (individu « B »)



- **Résultats obtenus en 2018**

En 2018, les 24 chants exploitables, obtenus sur deux sessions (18/04 et 26/04/2018) à la Renclôtère Elluin (Noyelles-sur-Mer), permettent d'identifier un seul et même individu, qui est nommé « G », enregistré dans de bonnes conditions (distance d'environ 10 m). La **figure 9** présente les deux spectrogrammes types de cet individu. La localisation du chanteur à l'occasion de la session du 26/04/2018, est présentée sur la **figure 10**. Notons que le 18/04/2018, un second chanteur a fait l'objet de 5 enregistrements mais ces derniers ne sont pas exploitables.



Session d'enregistrement du 26/04/2018 à la Renclôtère Elluin. A gauche, poste de chant du chanteur G (anse située en haut à droite de l'image). A droite, les preneurs de son sur la digue (Photo : Cédric Beaudoin).

Figure 9 : Spectrogrammes types obtenus sur les enregistrements de la Baie de Somme en 2018 (individu « G »)

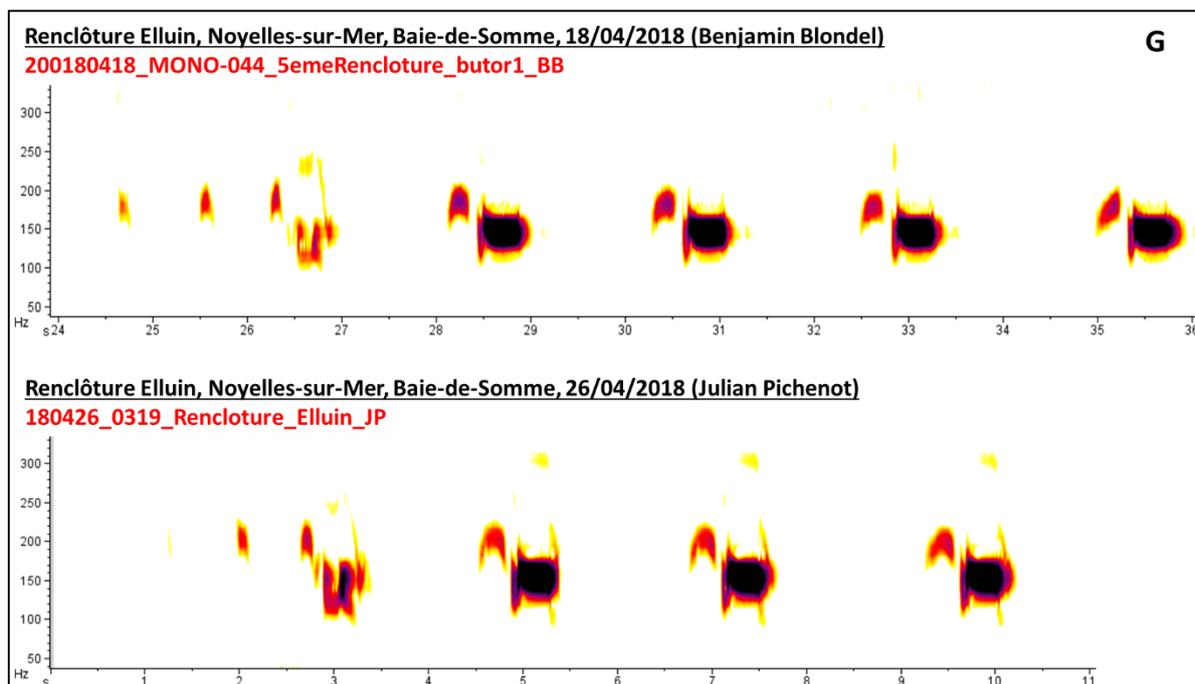


Figure 10 : Localisation approximative du chanteur « G » le 26/04/2018



2.2 Bilan pour le Butor étoilé à l'issue des deux années

- **Analyse qualitative (spectrogrammes)**

A l'issue des deux années, **8 individus sont différenciés sur la base des spectrogrammes (3 en 2017 et 5 en 2018)**. Le tableau ci-dessous (**Tableau 6**) présente les dates et sites de « capture » de ces 8 individus, nommés de « A » à « H ».

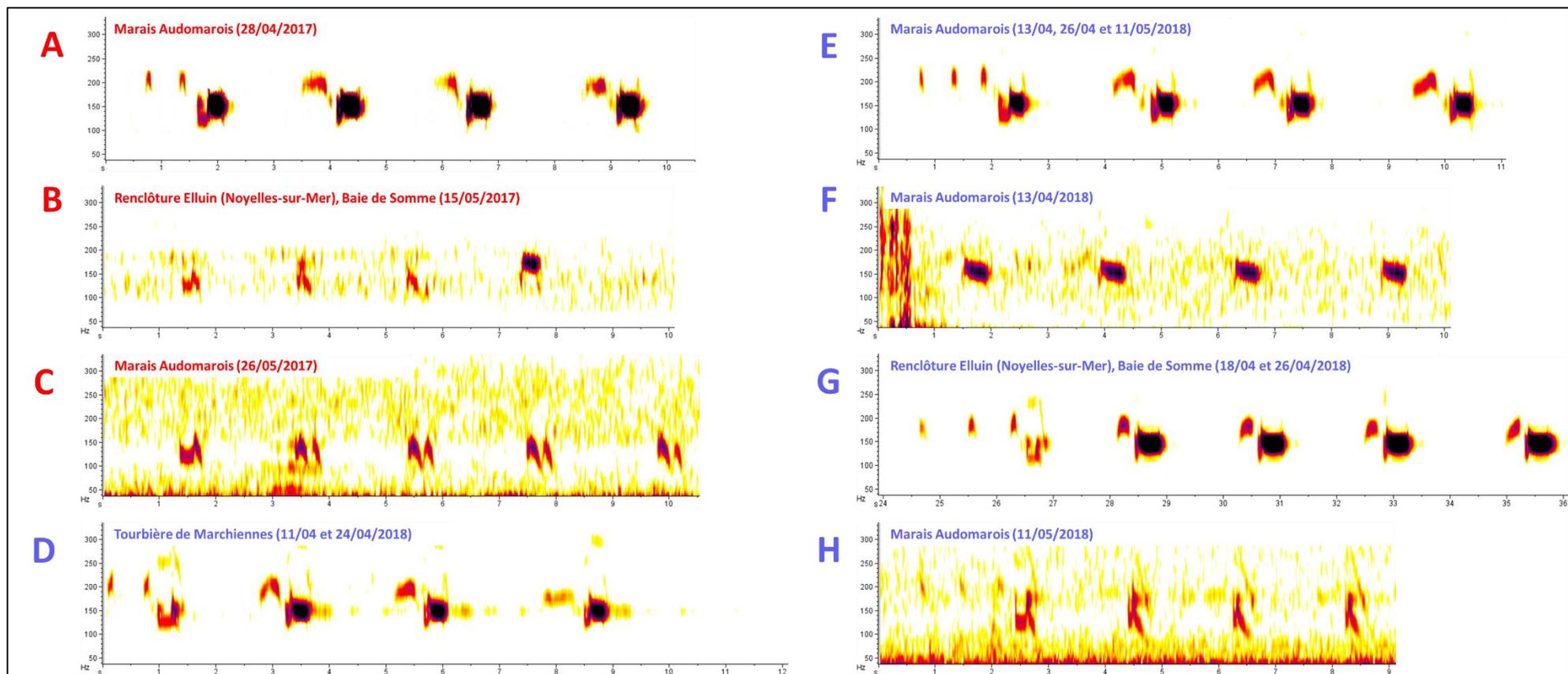
Tableau 6 : Dates et sites de « capture » des 8 Butors étoilés identifiés par l'acoustique

Site	28/04/2017	15/05/2017	26/05/2017	11/04/2018	13/04/2018	18/04/2018	24/04/2018	26/04/2018	11/05/2018
MARAI AUDOMAROIS	A		C		E, F			E	E, H
TOURBIERE DE MARCHIENNES				D			D		
BAIE DE SOMME		B				G		G	

La figure 11 permet de comparer les spectrogrammes de ces 8 individus. Notons que certains individus ont un chant relativement proche sur le spectrogramme. C'est le cas notamment des individus « A » et « E ». La forme des pompes (aspirations) est le meilleur critère pour les différencier. Comme noté par GILBERT *ET AL.* (2002), il s'agit du critère le plus discriminant pour les analyses visuelles.

Notons qu'aucun individu identifié en 2017 n'a été « recapturé » en 2018.

Figure 11 : Spectrogrammes types des 8 individus identifiés à l'issue des deux années



En rouge : individus identifiés en 2017

En bleu : individus identifiés en 2018

- **Analyse quantitative**

Deux analyses non supervisées² successives ont été réalisées. Tout d'abord une analyse basée a été conduite sur des mesures réalisées sur les boums uniquement (333 variables acoustiques). Cette analyse permet de discriminer les 8 individus, y compris ceux dont les pompes ne sont pas visibles sur les spectrogrammes. Le résultat de cette analyse est présenté en deux dimensions sur la **figure 12**.

On peut constater que tous les individus sont très bien séparés sur le plan des deux premiers axes, en dehors de D (Tourbière de Marchienne/2018) et E (Marais Audomarois/2018), qui s'avèrent relativement proches sur cette vue.

Une seconde analyse a été réalisée sur les enregistrements pour lesquels toutes les mesures étaient réalisables (pompes visibles sur les spectrogrammes, soit 456 variables acoustiques sur les pompes et les boums). Seuls les individus « A », « D », « E », « G » et « H » peuvent être pris en compte dans cette analyse, les autres n'ayant pas de mesures pour toutes les variables acoustiques (pompes non visibles). Le résultat est présenté avec une vue en 3 dimensions (3 premiers axes), ce qui permet de constater que les individus D et E sont, cette fois, plus nettement séparés, bien que restant relativement proches dans cet espace multidimensionnel (**Figure 13**).

Ces analyses non supervisées viennent corroborer le classement établi sur la base des analyses qualitatives (spectrogrammes) et permettent de lever le doute sur certaines ressemblances des spectrogrammes (individus « A » et « E » notamment). Notons toutefois que les effectifs de l'échantillon restent faibles dans l'ensemble.

² Les analyses réalisées sont dites « non supervisées » car elles sont basées sur un algorithme de classification qui n'est pas entraîné et qui fournit un regroupement des chants sans *a priori* (contrairement à une analyse discriminante). L'algorithme utilisé est une « Forêt d'arbres décisionnels » non supervisée (*'Unsupervised Random Forest'*) (BREIMAN, 2001). La représentation qui en est faite est très similaire à celle d'une Analyse en Composantes Principales. Il s'agit d'un positionnement multidimensionnel (*'Multidimensional scaling'* ou *'MDS'*) établi sur la base d'une matrice de similarité entre les chants, cette dernière étant calculée à partir des variables acoustiques utilisées.

Figure 12 : Discrimination en deux dimensions des 8 individus (mesures incomplètes : boums uniquement)

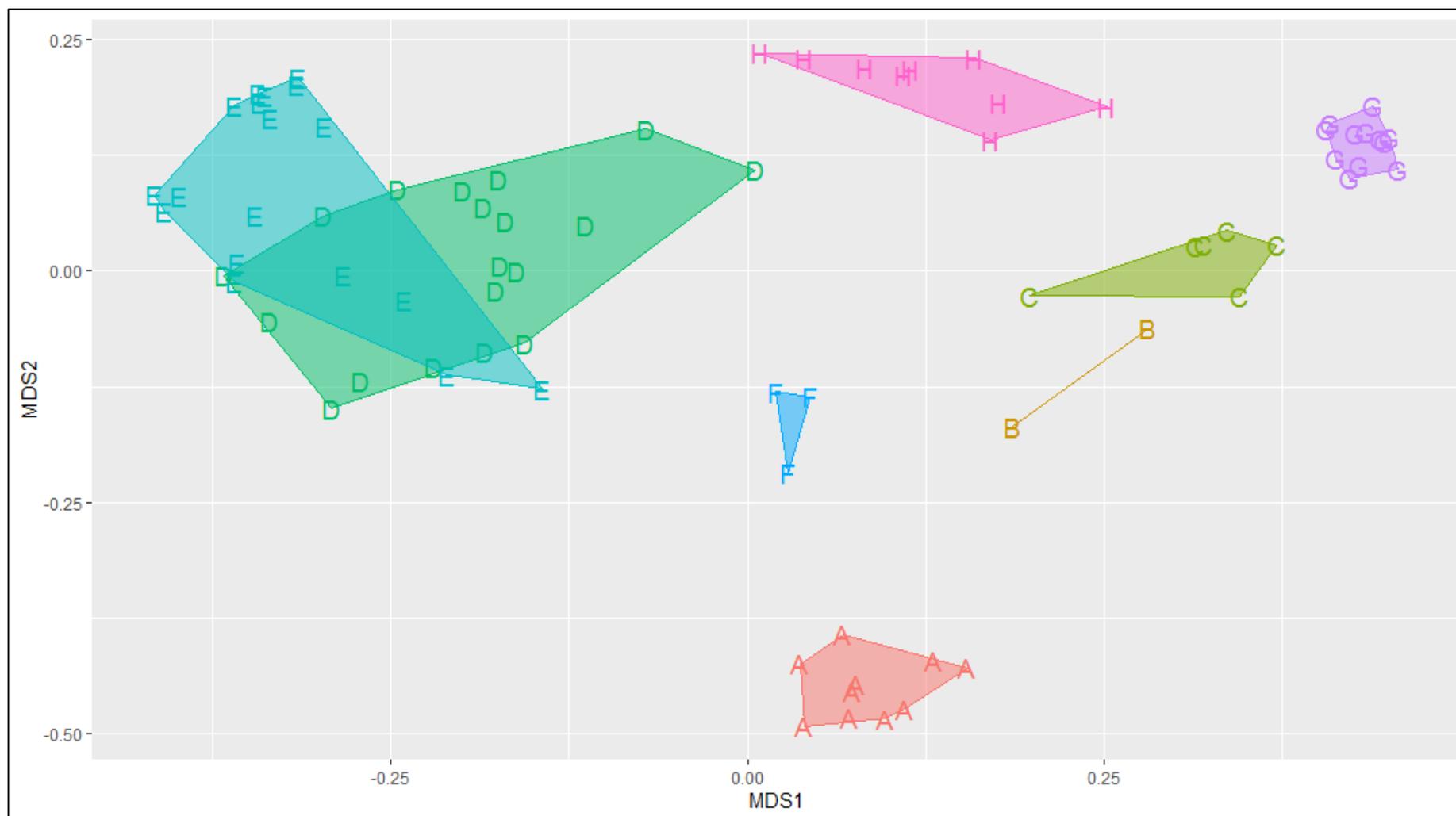
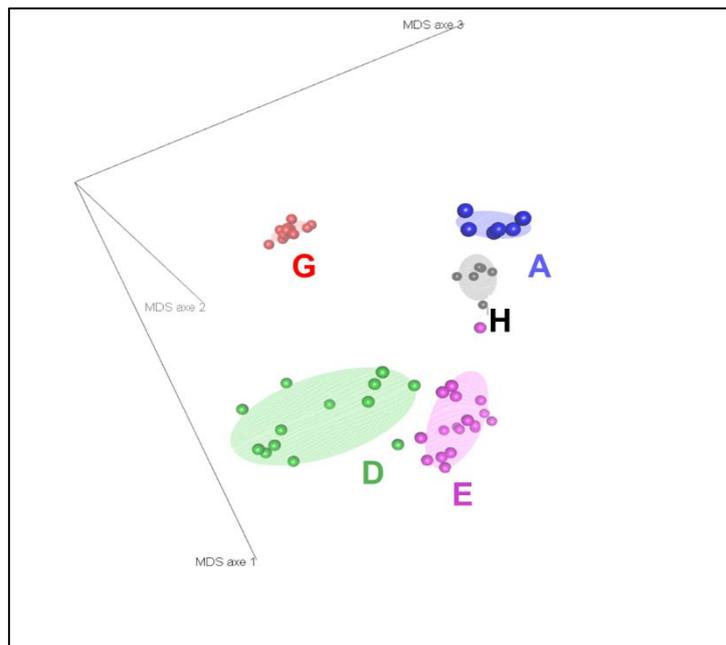
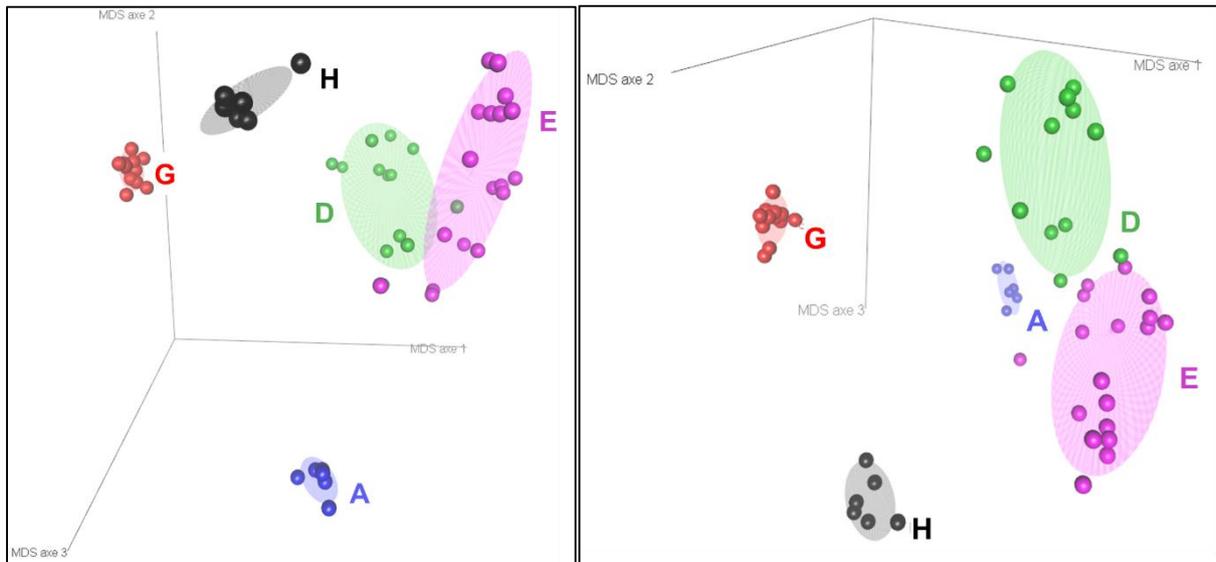


Figure 13 : Discrimination en trois dimensions des individus A, D, E, G, H (mesures complètes : pompes et bous)



3 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS OBTENUS EN 2017-2018

3.1 Bilan des analyses sur les enregistrements de Butor étoilé

Les analyses qualitatives et quantitatives réalisées sur l'ensemble des enregistrements (2017-2018) permettent d'identifier **8 Butors étoilés (Tableau 8)**.

Tableau 7 : Bilan de l'individualisation des Butors étoilés par sites et dates en 2017-2018

Site	Individus	Sessions d'enregistrement								
		28/04/2017	15/05/2017	26/05/2017	11/04/2018	13/04/2018	18/04/2018	24/04/2018	26/04/2018	11/05/2018
MARAIS AUDOMAROIS	A	●								
	C			●						
	E					●			●	●
	F					●				
	H									●
TOURBIÈRE DE MARCHIENNES	D				●			●		
BAIE DE SOMME	B		●							
	G						●		●	

Compte tenu des différences entre les effectifs notés à l'écoute et ceux identifiés avec le matériel, il est très probable que plusieurs individus n'aient pas été représentés dans cette analyse. L'effectif global est donc probablement sous-estimé. Par ailleurs, notons l'absence de « recapture » interannuelle (individus qui auraient été identifiés en 2017 et retrouvés en 2018). En revanche, 3 individus ont été recapturés au cours d'une même saison (« E » à trois reprises sur le marais Audomarois ; « D » à deux reprises sur la Tourbière de Marchiennes ; « G » à deux reprises en Baie de Somme).

3.2 Zoom sur les déplacements des mâles chanteurs dans le marais Audomarois

Lorsqu'on s'attarde sur les localisations des différents mâles chanteurs qui ont pu être enregistrés, on remarque qu'un secteur dans le marais est privilégié. D'une année sur l'autre et au cours d'une même saison, les mâles sont différents sur ce secteur (**Figure 14**). Les comparaisons avec les enregistrements de 2019 et des années à venir vont être déterminant pour comprendre le déplacement intra et interannuels des individus dans un même site.

Figure 14 : Localisation des mâles chanteurs enregistrés dans le marais Audomarois.



4 CONCLUSION

A l'issue de ces deux années d'expérimentation de suivis acoustiques sur le Butor étoilé en région Hauts-de-France, voici le bilan des analyses.

Les résultats illustrent le fait que l'individualisation acoustique peut être difficile voire impossible à réaliser lorsque le rapport signal/bruit des enregistrements est faible. En 2017, ce fut le cas pour la plupart des séquences de chants obtenues pour le Butor étoilé.

En 2018, l'analyse a pu être approfondie sur les Butors étoilés, permettant de différencier 8 individus sur les deux années de suivi.

Comme indiqué en conclusion du rapport de la saison 2017, la principale difficulté rencontrée dans l'acquisition d'enregistrements de bonne qualité (rapport signal/bruit élevé), concerne généralement la possibilité d'approcher les individus (environ 100 mètres pour le Butor étoilé).

Le contexte des sites sur lesquels les enregistrements ont été réalisés au cours de ces deux années rend ces approches difficiles (cas du marais Audomarois notamment). De plus, les facteurs

météorologiques, en particulier le vent, contribuent également à rendre difficile l'exploitation des enregistrements (cas de la Baie de Somme et du marais Audomarois).

Cependant, les résultats obtenus sur le Butor étoilé sont relativement prometteurs. Ils encouragent à poursuivre un suivi acoustique sur cette espèce en Hauts-de-France. Ce suivi pourrait d'ailleurs être mené à l'avenir en se basant uniquement sur un examen visuel des spectrogrammes (c'est-à-dire sans analyses statistiques complexes). En effet, les analyses présentées dans ce rapport ont montré des résultats concordants entre les approches qualitatives et quantitatives, comme cela a déjà été rapporté dans d'autres études et dans d'autres contextes (GILBERT ET AL., 2002 ; PICHENOT, 2015). La réussite d'un tel projet sera, avant tout, conditionnée par l'application d'un protocole rigoureux (Annexe I), permettant l'obtention d'échantillons sonores de bonne qualité, mais aussi par l'expérience acquise par les personnes en charge d'examiner visuellement les spectrogrammes. En 2019, plusieurs sessions d'enregistrement ont été effectuées dans les mêmes sites, la comparaison avec les sessions de 2018 en sera que plus intéressantes.



Rencloître Elluin, Baie de Somme, le 26/04/2018

BIBLIOGRAPHIE

- BOUVIER, T. (2018). Individualisation des mâles chanteurs par la bioacoustique chez le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*) dans le Nord et le Pas-de-Calais. Rapport Master 1 Biodiversité, Ecologie, Evolution. Université de Lille, Sciences et Technologies (Lille 1) / G.O.N., 46 p.
- BREIMAN L. (2001). Random forests. *Machine learning* 45 : 5-32
- BUDKA M. & OSIEJUK T. S. (2013A). Formant frequencies are acoustic cues to caller discrimination and are a weak indicator of the body size of corncrake males. *Ethology*, 119 : 960-969.
- BUDKA M., WOJAS L. & OSIEJUK T. S. (2015). Is it possible to acoustically identify individuals within a population ? *Journal of Ornithology*, 156 : 481-488.
- GILBERT G., MCGREGOR P.K. & TYLER G. (1994). Vocal individuality as a census tool: practical considerations illustrated by a study of two rare species. *Journal of Field Ornithology* 65(3) : 335-348
- GILBERT G., TYLER G.A. & SMITH K.W. (2002). Local annual survival of booming male Great Bittern *Botaurus stellaris* in Britain, in the period 1990-1999. *Ibis* 144 : 51-61
- LUSCHI P. & SEPPIA C. DELL (1996). Song-type function during territorial encounters in male Cetti's Warblers *Cettia cetti*. *Ibis* 138 : 479-484.
- MAY L. (1994). Individually distinctive Corncrake *Crex crex* calls : a pilot study. *Bioacoustics* 6 : 25-32.
- MAY L. (1998). Individually distinctive Corncrake *Crex crex* calls : a further study. *Bioacoustics* 9 : 135-148.
- MULHAUSER B. & ZIMMERMANN J.-L. (2010). Fidélité des mâles de Bécasse des bois *Scolopax rusticola* à leur site de reproduction. *Alauda* 78 : 27-39
- MULHAUSER B. & ZIMMERMANN J.-L. (2014). Contribution de la bioacoustique au monitoring à long terme d'une population de Gélinotte des bois *Tetrastes bonasia*. *Aves* 51 : 65-86
- PEAKE T.M. & MCGREGOR P.K. (2001). Corncrake *Crex crex* census estimates: a conservation application of vocal. *Animal Biodiversity and Conservation*, 24 : 81-90.
- PEAKE T.M., MCGREGOR P.K., SMITH K.W., TYLER G., GILBERT G. & GREEN R.E. (1998). Individuality in Corn Crake *Crex crex* vocalizations. *Ibis* 140 : 120-128
- PICHENOT J. (2015). Étude bioacoustique du Butor étoilé dans la plaine de la Woëvre (2013-2015). B.E.C., Parc Naturel Régional de Lorraine, 59 p.
- PICHENOT J. (2017). Suivi bioacoustique du Rôle des genêts en Moyenne Vallée de l'Oise. ANNEE 2016. B.E.C., Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie, ENERTRAG, 51 p.
- PICHENOT J. (2018). Expérimentation de suivis acoustiques sur le Butor étoilé, la Marouette ponctuée et la Bouscarle de Cetti en région Hauts-de-France. Analyse des données collectées en 2017. B.E.C., G.O.N., 32 p.
- PICHENOT J. (2019). Suivi bioacoustique du Rôle des genêts en Moyenne Vallée de l'Oise. ANNEE 2017. B.E.C., Conservatoire d'Espaces Naturels de Picardie, ENERTRAG, 42 p.
- RATHGEBER J. (2004). Résultats des dénombrements de Butor étoilé dans la Réserve de la Biosphère de Schorfheide-Chorin : comparaison de deux méthodes. *Actes du séminaire européen Butor étoilé*. LPO, 44-46.
- REK P. (2015). High functional complexity despite an extremely small repertoire of calls in the Spotted Crake (*Porzana porzana*). *The Auk* 132 : 613-623.
- SIMAR J. (2014). Utilisation de la bioacoustique pour le suivi de la Bouscarle de Cetti *Cettia cetti* aux marais d'Harchies et premiers enseignements. *Aves* 51 (3) : 129-149.

5 ANNEXE



Étude bioacoustique 2017-2018



**PROTOCOLE D'ACQUISITION ET D'ARCHIVAGE DES
ENREGISTREMENTS**



Julian PICHENOT
Adresse : Faxe, 8a rue principale, 57590 FONTENY
Tel : 06.23.75.27.65
E-mail : j.pichenot.bec@gmail.com

TECHNIQUE D'ACQUISITION DES ENREGISTREMENTS

Repérage et approche

Après repérage d'un chanteur, il est nécessaire d'effectuer une approche de manière à obtenir un enregistrement de bonne qualité. Dans l'idéal, le microphone doit être placé à moins d'une centaine de mètres du chanteur visé. Chez le Butor étoilé par exemple, certains motifs du chant (notamment les « pompes » ou « aspirations d'air »), portent à une distance plus faible que d'autres motifs (les « boums » ou « expulsions d'air ») et il est donc important de se tenir suffisamment près du chanteur pour enregistrer l'ensemble des motifs du chant. L'idéal est une distance de moins de 50 mètres en pointant bien le microphone en direction du chanteur.

La fonction « pre-enregistrement » doit être activée de manière à ne pas perdre le début d'un chant suite au déclenchement de l'enregistrement. L'enregistrement est déclenché dès qu'un chant est entendu. Une série de chants du même chanteur est ainsi enregistrée (si possible au moins 5 chants successifs par session). Dans l'idéal, pour assurer une robustesse suffisante aux analyses quantitatives, l'obtention d'un minimum de **20 chants exploitables** par poste de chant (enregistrements d'un chanteur entendu à un endroit donné, à plusieurs dates différentes) est recommandée. Plus grand sera l'échantillon de chants attribuables à un individu, meilleures seront les possibilités de le reconnaître grâce aux analyses.

Pour l'écoute, il est préférable de procéder en deux étapes : d'abord localiser la direction vers laquelle diriger le microphone (à l'oreille), puis écoute des séquences au casque pendant les enregistrements des chants qui suivent.

Pendant chaque prise de son, une écoute au casque permet de régler au mieux le niveau d'amplification de l'enregistreur si celui-ci varie et vérifier que l'enregistrement est bon pour éventuellement revoir les réglages avant le prochain chant.

Conditions d'enregistrement et échantillonnage temporel

Les enregistrements peuvent être réalisés tout au long de la période d'activité vocale des oiseaux visés, entre **début mars** et **fin juin** pour le Butor étoilé. Pour répartir au mieux les enregistrements collectés au cours de la saison, **si possible un minimum de 4 sessions d'enregistrement sera réalisé par individu, dont au moins 2 en avril et 2 mai**. Au cours de cette période, les dates des prospections réalisées pour l'enregistrement des chanteurs seront définies en fonction des prévisions météorologiques, de manière à privilégier des conditions favorisant à la fois l'activité vocale des

Julian PICHENOT
Adresse : Faxe, 8a rue principale. 57590 FONTENY
Tel : 06.23.75.27.65
E-mail : j.pichenot.bec@gmail.com

oiseaux mais aussi de bonnes conditions d'enregistrement. En Camargue (POULIN & LEFEBVRE, 2003) les chanteurs de la population étudiée étaient sensibles : à la température (optimum > 15°C), à la nébulosité (optimum < 75%), au vent (optimum à une vitesse inférieure à 4 Beaufort), aux précipitations (optimum en l'absence de précipitations). Sur cette base, les **conditions météorologiques** privilégiées seront :

- des températures douces (si possibles supérieures à 10°C) ;
- une nébulosité faible (si possible inférieure à 75%) ;
- un vent le plus faible possible (bien qu'il puisse être favorable à l'activité vocale, le vent réduit la qualité des enregistrements) ;
- une absence de précipitations.

Dans tous les cas, il est important de renseigner les conditions météorologiques systématiquement à l'occasion de chaque séance d'enregistrement ou de prospection et de les reporter sur la fiche d'observation (voir **annexe 1**).

Concernant les **heures d'enregistrement**, l'idéal est d'enregistrer pendant les périodes d'activité vocale maximale (GILBERT *ET AL.*, 1994 ; GILBERT *ET AL.*, 2002 ; POULIN & LEFEBVRE, 2003), à savoir :

- **à l'aube**, à partir des 2 heures précédant le lever du soleil et peu de temps après ;
- **au crépuscule**, au cours de la période débutant une heure avant le coucher du soleil et jusqu'à 1 heure après le coucher du soleil.

Des chants peuvent être obtenus également en dehors de ces créneaux horaires, en particulier en début de saison.

Notons que des variations saisonnières et journalières dans l'activité vocale des oiseaux sont fréquentes et que, dans certaines populations, le chant peut être davantage émis le matin ou le soir en fonction des individus. De plus, le pic saisonnier d'activité vocale peut être très différent d'une saison à l'autre. Il est donc préférable d'**échantillonner le plus équitablement possible ces deux plages horaires tout au long de la saison**, de manière à augmenter les chances de détecter et d'enregistrer tous les chanteurs.

UTILISATION DU MATÉRIEL

Microphone

Le microphone est très sensible aux bruits de manipulation. L'idéal est donc d'utiliser une suspension. L'écoute au casque permet d'entendre les éventuels sons parasites.

L'utilisation d'une bonnette anti-vent (zeppelin) est également importante la plupart du temps. En effet, même un vent très léger peut produire un souffle qui réduit la qualité de l'enregistrement. La fourrure qui peut être mise sur le zeppelin est plus rarement utilisée. Elle n'est nécessaire que dans des conditions de vent assez fort. Mais dans ces conditions, les enregistrements sont à éviter car il sera plus généralement difficile d'obtenir des séquences exploitables.

Concernant l'alimentation du microphone, deux solutions sont possibles :

- l'utilisation d'une pile de type AA (ou LR6) ;
- l'alimentation par l'enregistreur (alimentation « PHANTOM »). Dans le cas de l'utilisation de l'alimentation par l'enregistreur, il faut retirer la pile du microphone.

Les piles utilisées peuvent être des alcalines, des rechargeables (NI-MH) ou des lithiums. Pour une meilleure autonomie, l'idéal est d'utiliser des piles alcalines ou lithium. Il est aussi possible d'utiliser des accus Li-ion adaptés.

Le microphone dispose d'un filtre fréquentiel qui peut être activé par un petit bouton. Veillez à **ne pas utiliser ce filtre** qui coupe les basses fréquences (laisser le bouton sur la position « plate » et non « courbe »).

Enregistreur

Le microphone est branché à l'enregistreur à l'aide d'un câble XLR mâle femelle, dont la fiche femelle est insérée côté micro et la fiche mâle côté enregistreur. Sur l'enregistreur, une des entrées XLR « L » ou « R » peut être utilisée indifféremment. Nous utiliserons ici l'entrée « L » pour exemple.

Les réglages donnés ci-après sont importants à respecter dans le cadre de cette étude. Si vous rencontrez un souci pour régler l'appareil, vous pouvez vous adresser directement à Julian Pichenot (mail ou téléphone) ou utiliser la notice de l'enregistreur, téléchargeable ici :

http://www.tascam.eu/en/docs/DR-100MKIII_multi.pdf

Réglage Date et heure

La première chose à faire lorsqu'on s'apprête à utiliser l'enregistreur est de vérifier la date et l'heure de l'appareil. En effet, la date est stockée dans le nom de fichier et ne peut ainsi être perdue et l'heure peut être retrouvée dans les métadonnées si le fichier n'est pas modifié.

Comme mentionné dans le manuel « *La première fois que vous allumez l'unité après l'avoir achetée et chaque fois que la date et l'heure ont été réinitialisées, l'écran DATE/HEURE dans lequel vous pouvez régler la date et l'heure s'ouvre* ».

Régler la date et l'heure en utilisant la molette et « ENTER/MARK » pour valider.

Il est également possible d'accéder au réglage en allant dans :

MENU > SYSTEME > DATE/HEURE

Format d'enregistrement / Qualité audio

MENU > REGL. ENREGISTR. > :

- ⇒ CANAL : Wav16 (= PCM, Wave, 16 bits)
- ⇒ FRQ. ECHANT. : 44.1 kHz
- ⇒ TYPE FICH. : MONO
- ⇒ PRE-ENREGIS. : ON

Alimentation du microphone

Si vous utilisez l'enregistreur pour alimenter le microphone, retirer la pile éventuellement présente dans le microphone et, sur l'enregistreur, mettre le commutateur « PHANTOM » sur ON.

Si vous utilisez une pile dans le microphone, placer le commutateur « PHANTOM » sur OFF.

Attention : l'utilisation de l'alimentation « PHANTOM » avec une pile dans le microphone peut endommager le matériel.

Choix de l'entrée micro utilisée

Nous utilisons le microphone externe branché sur la connectique XLR.

MENU > REGLAGES E/S > :

- ⇒ SOURCE : XLR

Julian PICHENOT
Adresse : Faxe, 8a rue principale. 57590 FONTENY
Tel : 06.23.75.27.65
E-mail : j.pichenot.bec@gmail.com

Réglage des niveaux (entrée micro et sortie casque)

Pour le réglage de l'amplification du microphone, placer le commutateur « INPUT LEVEL » sur la position centrale.

Le niveau d'amplification de l'entrée microphone peut ensuite être ajusté avec la molette située sur le côté droit de l'enregistreur. Il faut régler au niveau le plus haut possible, tout en s'assurant qu'il n'y a pas de distorsion liée à des sons trop forts. Cela peut être jugé avec le vu-mètre sur l'écran et avec les voyants « PEAK » situés en bas de l'enregistreur. Si les voyants s'allument lorsqu'un son est capté (hors bruits de manipulations éventuels qui peuvent être plus forts que les sons visés), cela signifie qu'il y a saturation et qu'il faut baisser l'amplification.

Le commutateur « MIC PAD » sert normalement à gérer plus finement l'amplification pour éviter la saturation. Habituellement, il ne doit pas être utilisé (le réglage avec la molette latérale doit être suffisant). Mais si l'amplification est trop faible ou trop forte, quelque soit le réglage de la molette latérale, le commutateur peut être mis sur « ON », ce qui permet d'amplifier ou réduire l'amplification davantage en contrôlant sur l'écran.

Le réglage du niveau de l'écoute au casque (situé sur le côté gauche de l'enregistreur) est indépendant de l'amplification du microphone (molette). Il faut donc régler l'amplification du microphone en écoutant au casque avec une amplification suffisante au niveau de la sortie casque.

Attention : baisser le niveau de l'amplification de la sortie casque si ce dernier est placé près du microphone pendant l'enregistrement (par exemple lorsque le casque est mis autour du cou). Sinon, cela peut provoquer un écho voir des larsens sur l'enregistrement.

Pré-écoute et enregistrement

Actionner une première fois la touche « record ». Le voyant de la touche clignote, ce qui indique que l'on est en mode « écoute ». La fonction « pré-enregistrement » étant activée, l'enregistreur commence à stocker 2 secondes « en boucle » dans sa mémoire tampon.

Sur l'écran, le symbole « pause » (||) indique le mode « écoute » est en cours.

Lorsqu'un chanteur est repéré, diriger le microphone dans sa direction (viser précisément sur les plans vertical et horizontal) et actionner la touche « record ». Le voyant de la touche « record » devient fixe, indiquant que l'enregistrement est en cours (en réalité, avec la fonction pré-enregistrement, 2 secondes sont prises avant l'activation de l'enregistrement).

Julian PICHENOT
Adresse : Faxe, 8a rue principale. 57590 FONTENY
Tel : 06.23.75.27.65
E-mail : j.pichenot.bec@gmail.com

Sur l'écran, le symbole « enregistrement » (●) indique que l'enregistrement est en cours.

Pendant l'enregistrement, vous pouvez visualiser les niveaux d'enregistrement sur le « vu-mètre » en regardant l'écran de l'enregistreur. Si vous n'écoutez pas au casque, cela permet de savoir si les sons sont correctement captés.

Une fois le chant terminé, avant de stopper l'enregistrement, vous pouvez parler doucement près du microphone pour décrire l'enregistrement réalisé. Vous pouvez par exemple préciser : la date, le lieu, l'heure, les conditions météorologiques et le numéro éventuel que vous pouvez attribuer au chanteur (si plusieurs chanteurs sont enregistrés dans une même soirée notamment). Ainsi, ces informations ne seront pas perdues. Mais il est préférable, en parallèle, de noter ces informations sur une fiche et de localiser les chanteurs sur une carte.

Vous pouvez ensuite appuyer sur la touche « stop » pour stopper l'enregistrement.

Remettez rapidement l'enregistreur en position « pré-écoute » en appuyant une fois sur la touche « record » (voyant clignotant) de manière à ne pas manquer le prochain chant.

ARCHIVAGE DES SONS

Les sons enregistrés peuvent être transférés sur un ordinateur de deux manières : soit en insérant la carte SD dans le lecteur de carte de l'ordinateur, soit en reliant l'enregistreur à l'ordinateur avec le câble USB.

Pour ne pas perdre les informations de base lors du transfert des fichiers son, l'arborescence suivante est proposée pour l'archivage sur l'ordinateur :

- Dossier Localité : par exemple « Marais Audomarois – Etang XX » ;
 - Sous-dossier date en format inversé : par exemple « 2015-03-16 » pour le 16 mars 2015.

Placer dans ces dossiers les sons collectés tels qu'étiquetés par l'enregistreur (option « Date » dans le nom du fichier ») et y ajouter si possible :

- un nom de site abrégé ;
- le numéro du chanteur si plusieurs ont été entendus ou enregistrés ;
- les initiales du preneur de son.

Par exemple : « 170428_0001_siteXXX_butor1_CB » pour un enregistrement de Cédric Beaudoin, réalisé le 28 avril 2017 sur le site XX.

Les informations complémentaires sont saisies sur une fiche dédiée (exemple en annexe 1) et chaque chanteur correspondant est localisé sur une carte IGN papier qui est conservée et/ou sur un fichier SIG (exemple de shapefile fourni ; **Annexe 2**).

BIBLIOGRAPHIE

- GILBERT G., MCGREGOR P.K. & TYLER G. (1994). Vocal individuality as a census tool: practical considerations illustrated by a study of two rare species. *Journal of Field Ornithology* 65(3) : 335-348
- GILBERT G., TYLER G.A. & SMITH K.W. (2002). Local annual survival of booming male Great Bittern *Botaurus stellaris* in Britain, in the period 1990-1999. *Ibis* 144 : 51-61
- POULIN B. ET LEFEBVRE G. (2003). Optimal sampling of booming Bitterns *Botaurus stellaris*. *Ornis Fennica* 80 : 11-20

Julian PICHENOT
Adresse : Faxe, 8a rue principale. 57590 FONTENY
Tel : 06.23.75.27.65
E-mail : j.pichenot.bec@gmail.com