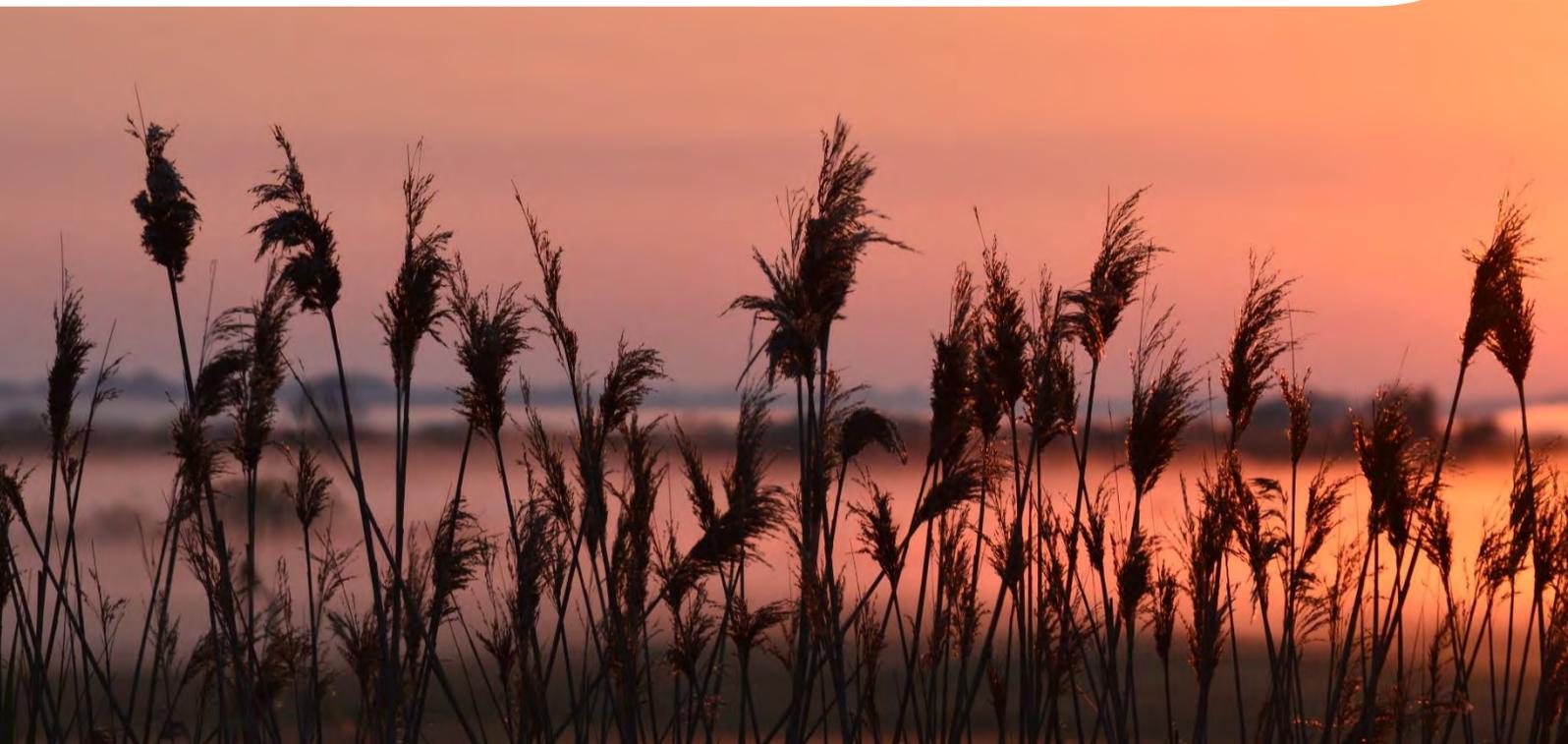


CONTRAT DE PROGRÈS TERRITORIAL DU MARAIS DE BROUAGE

SUIVI DE L'AVIFAUNE PALUDICOLE NICHEUSE ET DES ESPÈCES ASSOCIÉES DANS LE CADRE DES TRAVAUX DE CURAGE

2021-2022



Agir pour
la biodiversité



CONTRAT DE PROGRÈS TERRITORIAL DU MARAIS DE BROUAGE
SUIVI DE L'AVIFAUNE PALUDICOLE NICHEUSE ET DES ESPECES
ASSOCIEES DANS LE CADRE DES TRAVAUX DE CURAGE

2021 - 2022

Rédaction : Léa Boutault

Relecture : Fabien Mercier, Elisa Daviaud

Novembre 2022

Citation du document : *Boutault L., Mercier F., Daviaud E. – 2022 – Suivi de l'avifaune paludicole nicheuse et des espèces associées dans le cadre des travaux de curage. Contrat de progrès territorial du marais de Brouage. - LPO BirdLife France - 60 pp.*

Photos de couverture : *Rousserolle effarvate (en bas à gauche) © R. Tonnel, Ambiance dans le marais de Brouage au lever du jour (haut), Fossé et Tour de Broue © L. Boutault*

LPO Poitou-Charentes

Antenne Charente-Maritime • 21 rue de Vaugouin • 17000 LA ROCHELLE
poitoucharentes@lpo.fr • <https://poitou-charentes.lpo.fr> • www.faune-charente-maritime.org
Tél. 05. 46. 50. 92. 21 • SIRET 784 263 287 00145



Table des matières

1. Contexte	4
2. Matériels et méthodes	7
2.1. Zone d'étude	7
2.2. Protocole d'inventaires	8
2.3. Plan d'échantillonnage.....	9
2.4. Calendrier de passage.....	12
2.5. Espèces ciblées	12
2.6. Analyses des données	13
2.6.1. Indicateurs biologiques.....	13
2.6.2. Analyses statistiques.....	14
3. Résultats	15
3.1. Richesse spécifique totale.....	15
3.2. Richesse spécifique cumulée par point d'écoute.....	16
3.2.1. Analyse par typologie de berge	20
3.2.2. Analyse par type de point (témoins / curés).....	21
3.3. Abondance maximale par espèce	23
3.4. Abondance maximale cumulée	27
3.4.1. Analyse par typologie de berge	27
3.4.2. Analyse par type de point (témoins / curés).....	28
3.5. Fréquence d'occurrence	30
3.6. Répartition spatiale vis-à-vis du réseau hydraulique	36
3.7. Analyse détaillée pour le cortège des espèces paludicoles.....	37
Rousserolle effarvate	38
Phragmite des joncs.....	40
Bruant des roseaux.....	42
Gorgebleue à miroir.....	44
Cisticole des joncs.....	46
Locustelle lusciniôïde.....	48
4. Synthèse des indicateurs biologiques	50
5. Discussion et conclusion	51
Bibliographie	54
Annexes	55

1. Contexte

Le marais de Brouage qui s'étend sur près de 11000 ha, se situe dans le département de la Charente-Maritime, entre les estuaires de la Charente et de la Seudre. Il se compose essentiellement d'anciens marais salants, aménagés entre le 11ème et le 18ème siècle, abandonnés pendant les périodes de guerre (Guerre de Cent Ans) puis reconvertis en pâturages au début du 19ème siècle à la suite des travaux d'assainissement.

Le paysage actuel du marais et l'ensemble de l'infrastructure hydraulique (réseau, ouvrages, microrelief) sont issus de son histoire : le marais de Brouage est un marais « à jas et à bosses ». Les bosses se sont érodées et les anciens bassins des marais salants (mètières, jâs et vasais) se sont partiellement comblés. Ce microrelief structure encore aujourd'hui la circulation de l'eau dans le marais et la gestion des niveaux d'eau sur le réseau hydraulique secondaire et tertiaire.

L'élevage a valorisé cet espace par la fauche ou par le pâturage extensif (principalement de bovins), les fossés en eau douce jouant le rôle de clôtures naturelles et d'abreuvoirs. Ces pratiques traditionnelles ont permis le maintien d'un patrimoine paysager exceptionnel et d'une mosaïque de milieux propice à l'accueil d'une faune et d'une flore riches et variées. Une partie du marais est également réservée à la conchyliculture et aux cultures irriguées. Sur d'autres secteurs la chasse à la tonne ou la pêche y sont pratiqués.

Aujourd'hui, le marais de Brouage est une zone humide d'importance européenne à la fois par son rôle fondamental de zone tampon et d'accueil de l'avifaune nicheuse et migratrice. Le rôle tampon du marais de Brouage consiste en sa capacité à retenir momentanément une importante quantité d'eau et la restituer progressivement au milieu naturel. Cela permet alors de limiter les inondations, la perte de débit au niveau des cours d'eau ou des nappes en période de basses eaux (étiage) et l'érosion des berges. Il s'agit d'un des services écosystémiques rendu par les zones humides, ces derniers regroupent l'ensemble des services rendus par les écosystèmes dont l'homme bénéficie directement ou indirectement.

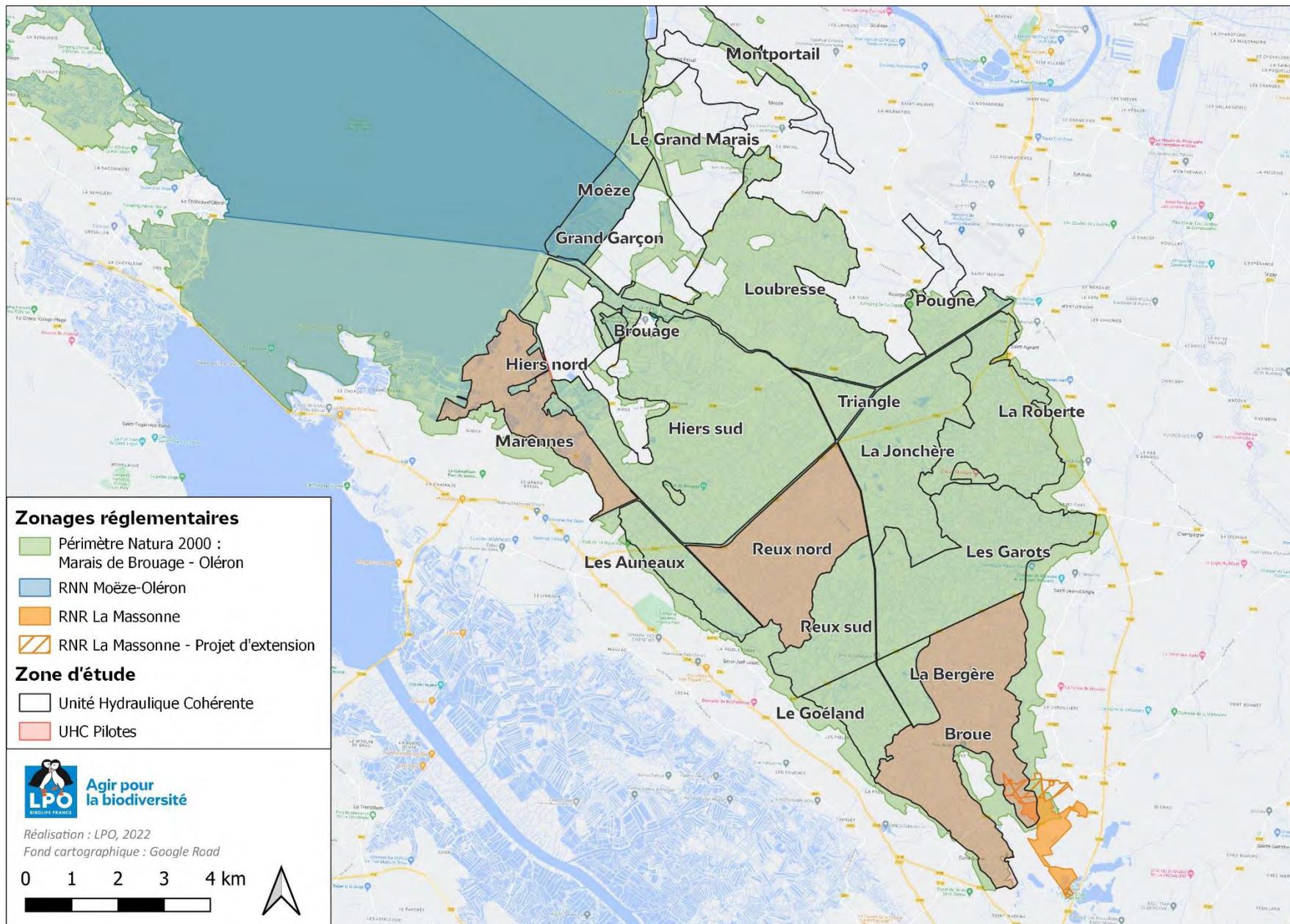
Le marais de Brouage est intégré au réseau Natura 2000 depuis 2009 (ZPS n°FR5410028 « Marais de Brouage, Île d'Oléron » et ZSC n°FR5400431 « Marais de Brouage et marais nord d'Oléron »), est inscrit au titre de la loi paysage et figure à l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF de type 1). Le marais de Brouage est également inscrit « Site classé » depuis le 13 septembre 2011 et une partie de son territoire est classée en Réserve Naturelle Nationale depuis 1985 (RNN de Moeze-Oléron) et en Réserve Naturelle Régionale (RNR de la Massonne) (Carte 1). Ces différents classements et zonages attestent de la notoriété du marais de Brouage et de la volonté qu'ont les pouvoirs publics, ainsi que l'ensemble des acteurs de ce territoire, de le préserver et de valoriser ses richesses naturelles, économiques et culturelles.

Le marais de Brouage est un milieu humide particulier caractérisé par une gestion effective des niveaux d'eau et un entretien régulier des digues et des chenaux afin de maintenir les activités humaines, principalement l'élevage.

L'entretien du réseau hydraulique participe au maintien des conditions indispensables pour que ce milieu humide d'origine anthropique conserve son caractère humide et ses fonctionnalités écologiques.

Pour permettre une gestion concertée du marais, impliquant l'ensemble des usagers, la Communauté de Communes du Bassin de Marennes (CCBM) et la Communauté d'Agglomération Rochefort Océan (CARO) ont uni leurs forces en 2016 pour lancer le « Grand projet du marais de Brouage » avec 3 objectifs principaux :

1. La gestion de la ressource en eau
2. Le soutien à l'élevage extensif
3. La valorisation du patrimoine



Carte 1: Zonages réglementaires du Marais de Brouage et Unités Hydrauliques Cohérentes (UHC) composant la zone d'étude.

Afin d'identifier et mettre en œuvre les mesures (travaux, curage des canaux, gestion des niveaux d'eau...) permettant de préserver une biodiversité et un paysage exceptionnels, tout en confortant les activités primaires (élevage, conchyliculture notamment) et de loisirs (chasse, pêche, promenade), les collectivités locales et leurs partenaires ont signé fin 2019 un « **Contrat de progrès territorial** » (CPT). Il constitue un accord technique et financier visant à mettre en place une gestion équilibrée pour la préservation des milieux aquatiques et la satisfaction des usages de l'eau dans une perspective de développement durable. Conclu pour une durée maximale de 3 ans, il s'inscrit dans le cadre du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Adour Garonne 2016-2021 et du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin versant de la Charente.

C'est une opération de reconquête du marais, qui a pour ambition :

- la mise en place d'une gestion équilibrée de la ressource en eau douce, à traduire en un protocole de gestion à l'échelle du marais et un règlement d'eau,
- le maintien des paysages, l'optimisation et l'amélioration de l'écosystème en quantité d'habitats, d'espèces et de diversité tout en s'adaptant aux conséquences des évolutions climatiques,
- le maintien des activités d'élevage extensifs et ostréicoles et plus généralement d'activités socio-économiques compatibles ou nécessaires à la satisfaction des premiers objectifs.

Ainsi pour répondre aux objectifs du CPT, un effort de restauration est prévu sur les ouvrages, comme sur les réseaux hydrauliques afin de retrouver un fonctionnement étagé du marais permettant une distribution efficace de l'eau dans chaque grand casier du marais, appelé également unité hydraulique cohérente (UHC).

Concrètement des travaux de curage sur environ 170km de fossés du réseau tertiaire sont prévus en 2021 et 2022 sur trois UHC (nommées ci-après Marennes, Reux-Nord et Broue) par l'Association foncière pastorale (AFP) des marais de Brouage. De même, le curage d'une partie du réseau secondaire est prévu sur plusieurs UHC (110 km de réseaux secondaires, porté par l'Union des marais de Brouage).

La mise en place d'un protocole de suivi environnemental (sur le réseau tertiaire) et technique par le Syndicat Mixte Charente Aval (SMCA, créé le 1er janvier 2019) permettra d'évaluer les incidences et l'efficacité à plus ou moins long terme des travaux par l'intermédiaire d'indicateurs biologiques.

Un indicateur de biodiversité permet de connaître et suivre l'état de la biodiversité sur le territoire en fonction des pressions, travaux de gestion et actions menés. Plusieurs indicateurs sont définis sur le marais de Brouage afin de suivre l'état des populations de différents taxons pouvant être impactés durant les travaux de curage.

Ces indicateurs permettront aussi d'améliorer la connaissance du territoire dans la perspective de la définition d'une stratégie d'entretien à long terme (fractionnement et fréquence d'entretien), en cohérence avec l'atteinte de l'équilibre des différents enjeux du territoire.

Durant ces travaux de curage, la végétation est profondément altérée. C'est notamment le cas des roselières linéaires (composées majoritairement de *Phragmites australis*) qui bordent les canaux.

Les roselières sont considérées comme un habitat déterminant pour la biodiversité, en particulier pour l'avifaune paludicole. C'est un habitat de reproduction d'espèces menacées en Europe. La destruction de cet habitat induit une diminution de ces espèces menacées. En effet, une étude sur l'impact du curage du canal de Broue en 2018 a montré une baisse de 40% du nombre de couple d'oiseaux paludicoles nicheurs et plus particulièrement une réduction de 50% des effectifs de Rousserolle effarvate (Loïc JOMAT, 2018).

Dans ce contexte, un groupe de travail constitué d'experts a défini un protocole de suivi de l'avifaune en période de nidification afin de caractériser ce cortège d'espèces avant et après la réalisation des travaux de curage. La LPO Poitou-Charentes a été missionnée pour réaliser le suivi de l'avifaune paludicole aux printemps 2021 et 2022.

Les objectifs de ce rapport sont de :

- Déterminer la liste des espèces nicheuses fréquentant les canaux du marais de Brouage,
- Proposer des indicateurs biologiques sur l'avifaune nicheuse cible,
- Analyser ces indicateurs biologiques obtenus avant (2021) et après (2022) travaux, afin d'évaluer l'impact des travaux du curage sur ce taxon.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

Le marais de Brouage présente un réseau hydraulique de plus de 2 000 km de canaux et fossés répartis sur près de 11 000 ha de zone humide. Cette densité hydraulique unique à l'échelle des marais atlantiques explique l'exceptionnelle valeur environnementale du marais de Brouage et constitue sa principale originalité. Le site est réalimenté artificiellement en période d'étiage par le fleuve Charente via le canal Charente-Seudre long de 27 km. Le bassin hydrographique du marais de Brouage s'étend sur une superficie totale de 183 km². Dans le cadre de cette étude, l'avifaune nicheuse a été suivie sur trois unités hydrauliques cohérentes (UHC) pilotes faisant l'objet d'expérimentations particulières, à savoir :

- le secteur aux alentours de la tour de **Broue**,
- le casier central dit **Reux Nord**,
- le pied des coteaux de **Marenes**.

En 2021, ce sont 50 km de fossés tertiaires qui ont été curés sur l'ensemble de ces trois unités hydrauliques.

En plus des trois secteurs pilotes, trois UHC témoins sont suivies (**Hiers sud**, **Reux Sud** et **Les Garots**). Ces secteurs témoins sont localisés sur d'autres UHC du marais de Brouage avec des caractéristiques paysagères similaires et à proximité des UHC pilotes dont les fossés tertiaires ont été curés en 2021. En effet, il n'est pas possible de placer 50 points « Témoins » sur les UHC pilotes qui soient éloignés d'au minimum 300m de fossés prévus dans le projet de curage. Cependant, dans les UHC Loubesse, Reux-Sud, Broue et les Garots, les fossés secondaires ont également fait l'objet de curage en 2021 (55 km de fossés secondaires réalisés sur l'ensemble du marais de Brouage). Cette étude n'évalue pas l'impact du curage sur les fossés secondaires.



Photo 1 : Tour de Broue dans la partie sud du marais de Brouage en 2021 @ R. Delacroix

2.2. Protocole d'inventaires

Pour la présente étude, l'avifaune a été inventoriée à partir de points d'écoute dits « **EPS** » (**Échantillonnage Ponctuel Simple**). C'est une méthode de dénombrement de l'avifaune où un observateur reste sur un point référencé pendant 5 minutes exactement. Durant ce laps de temps, il note tous les oiseaux (toutes les espèces) qu'il entend ou qu'il voit, posés ou en vol. Il appartient à l'observateur de juger si deux contacts sont à attribuer au même individu ou à deux individus différents. Les jumelles peuvent être utilisées pour identifier un oiseau détecté préalablement mais pas pour rechercher des oiseaux distants. Chaque individu est saisi en géolocalisation précise sur l'application *NaturaList*® permettant ainsi d'indiquer la distance à l'observateur. Cette application est liée à une base de données gérée par la LPO, faune-charente-maritime.org (FCM) qui centralise des millions de données naturalistes. Les observations saisies sur cette plateforme sont vérifiées et validées par un comité d'experts.

Chez une grande partie de l'avifaune nicheuse en France, la période de reproduction, également appelée période de nidification, se déroule de fin-mars / début-avril à juillet. De plus, le pic d'activité vocale, majoritairement lié aux mâles chanteurs, se trouve durant les premières heures avant et suivant le lever du soleil. Pour ces raisons, les inventaires sont effectués entre 1 et 4 heures après le lever du soleil (évitant ainsi le chorus matinal). Idéalement, le relevé commence vers 6 ou 7 heures du matin, et est terminé avant 10 heures.

De bonnes conditions météorologiques sont requises, c'est-à-dire que lors de fortes averses et lors d'une présence trop importante de vent (vent supérieur ou égal à 25km/h), les prospections sont reportées au jour suivant.

La méthodologie d'inventaire utilisée reprend le protocole du Suivi Temporel des Oiseaux Communs par Echantillonnages Ponctuels Simples (STOC EPS de 5 minutes) mis en place sur le territoire français.

Pour chaque individu un statut (code) de nidification est attribué, permettant de mesurer la probabilité de reproduction d'une espèce sur le point d'écoute :

A – Nidification possible

- oiseau vu en période de nidification dans un milieu favorable
- mâle chantant en période de reproduction

B – Nidification probable

- couple en période de reproduction, chant du mâle répété sur un même site
- territoire occupé
- parades nuptiales
- sites de nids fréquentés
- comportements et cris d'alarme

C – Nidification certaine

- construction et aménagement d'un nid ou d'une cavité
- adulte simulant une blessure ou cherchant à détourner un intrus
- découverte d'un nid vide ou de coquilles d'œufs
- juvéniles non volants
- nid fréquenté inaccessible
- transport de nourriture ou de sacs fécaux
- nid garni (œufs)
- nid garni (poussins)

2.3. Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage comprend 100 points d'écoute, répartis sur l'ensemble des UHC suivies. La distribution de ces 100 points a dans un premier temps été effectuée de manière aléatoire à partir d'une grille de 400 m x 400 m sur le marais de Brouage afin d'avoir des points d'écoute éloignés d'environ 400 m.

50 points sont localisés sur les trois UHC pilotes (Mareennes, Reux-Nord, et Broue) dans lesquelles les travaux de curage du réseau tertiaire ont lieu et 50 points sont localisés sur les trois UHC témoins. L'utilisation de points dits « témoins » localisés hors secteurs curés vise à obtenir des données sur des zones non impactées par les travaux, servant de référence pour une comparaison avec les points « curés » et permettant de tenir compte des variations interannuelles indépendantes aux travaux.

Les points sélectionnés dans la grille doivent être accessibles à pied et à une distance de 10 m d'un fossé curé en 2021 dans les UHC pilotes ou d'un fossé dans les UHC témoins. Cette distance entre les points et les fossés permet de limiter le dérangement lié à la présence de l'observateur.

À chaque point d'écoute est attribué une « typologie de berge », décrivant le milieu et définie en fonction du type de végétation majoritairement présente sur les berges du fossé ciblé. Trois catégories de typologie de berge sont définies : les roselières (R) (Photo 6), majoritairement constituées de *Phragmites australis*, les berges herbacées (H) (Photos 2), lorsque la prairie va jusqu'au bord du fossé, avec parfois quelques touffes de carex bas, et enfin les zones buissonnantes (B) (Photo 4), avec soit des ronces denses, des pruneliers, ou des tamaris et parfois quelques petits arbres. Un point d'écoute ne peut appartenir qu'à une seule des 3 catégories. Notons par ailleurs que cette classification tient compte uniquement du type d'habitat présent en bordure de fossé et soumis aux travaux de curage, et pas de l'ensemble du périmètre autour du point d'écoute, pouvant présenter d'autres typologie d'habitat. Les points ont également été sélectionnés afin d'obtenir un nombre équitable de chaque catégorie de typologie de berge (Figure 1).

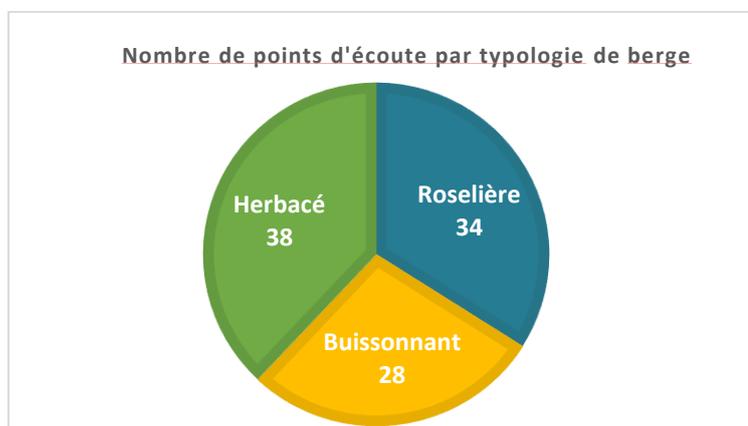


Figure 1 : Nombre de points d'écoute par typologie de berge (n total = 100)

Lors des premiers passages sur le terrain, les points ont été repositionnés en fonction de la réalité de l'accès au point, de la typologie de la berge ou de la distance à un fossé curé en 2021.

Cette étude d'incidence environnementale est ciblée sur le réseau hydraulique tertiaire de trois UHC pilotes, utilisé pour la mise en place du plan d'échantillonnage. Or, une partie du réseau hydraulique secondaire fait également l'objet d'un programme de curage dans les autres UHC « témoins », sur la même période et impactant les fossés et les habitats considérés. Cette information, obtenue après la réalisation des premiers inventaires de 2021, a entraîné une modification dans la classification et le nombre de points dits « témoins » et « curés ». Ainsi, sur les 100 points inventoriés, 65 sont situés à moins de 150 m de fossés secondaires ou tertiaires curés lors de la phase travaux de 2021 et nommés points « curés ». Les 35 autres points sont considérés comme « témoins » car situés à plus de 150 m d'un fossé ayant fait l'objet de travaux de curage en 2021 (Figure 2). La distance de 150 m a été choisie car il s'agit

de la distance à laquelle les espèces cibles sont majoritairement détectées (moyenne \pm écart type) (Delacroix et Mercier, 2021).

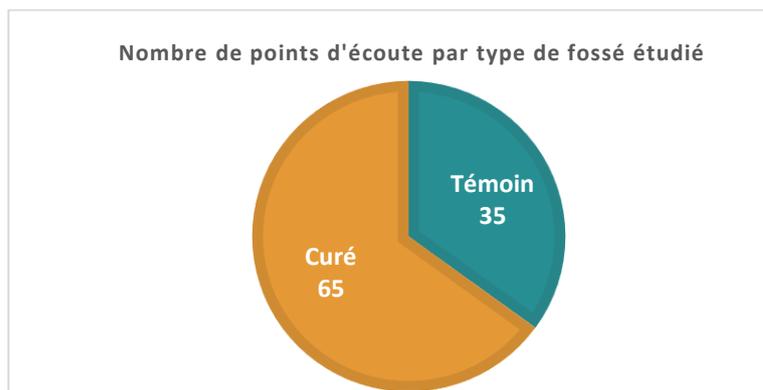


Figure 2 : Nombre de points d'écoute par type de fossé étudié (n total = 100)



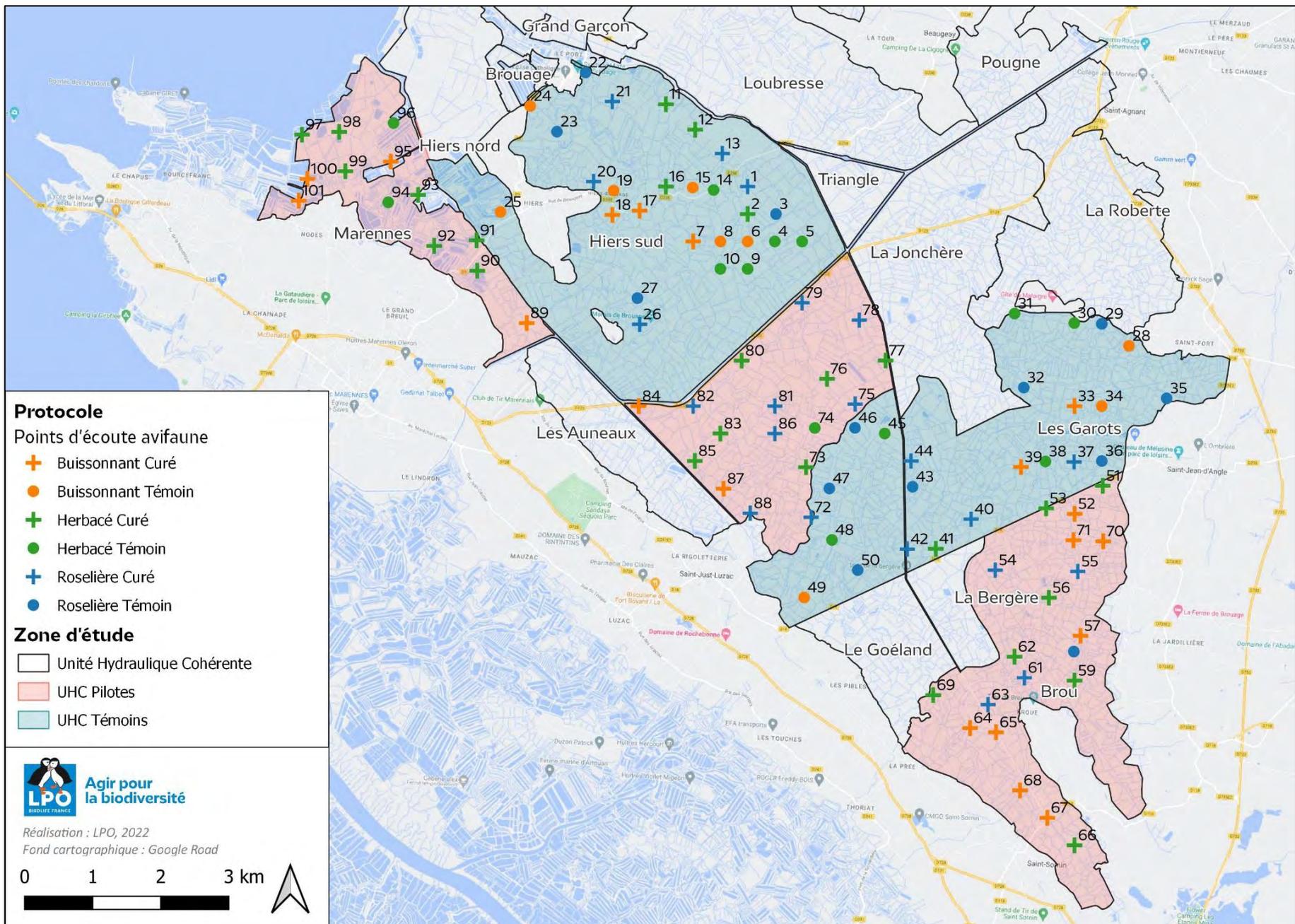
Photos 2 & 3 : Fossés en typologie Herbacé (point d'écoute n°31 à gauche et n°91 à droite), marais de Brouage 2021. ©R. Delacroix



Photo 4 & 5 : Fossés en typologie Buissonnant (point d'écoute n°19 et 51), marais de Brouage 2021. ©R. Delacroix



Photo 6 & 7 : Fossés en typologie Roselière (point d'écoute n°43 et 86), marais de Brouage 2021. ©R. Delacroix



Carte 2 : Localisation des points d'écoute avifaune

2.4. Calendrier de passage

Les travaux de curage 2021 se sont déroulés de mi-juillet à mi-octobre. L'ensemble des 100 points d'écoute a été réalisé en 2021 avant les travaux de curage et répété en 2022 après les travaux. Deux observateurs ont réalisé les inventaires de terrain, un même observateur ayant réalisé les inventaires par année.

Pour couvrir l'ensemble des espèces nicheuses, trois passages par an ont été réalisés sur chaque point d'écoute :

- un premier passage en avril pour détecter les nicheurs précoces,
- un second passage en mai,
- un troisième passage en juin pour recenser les nicheurs tardifs.

Pour la première année de suivi en 2021, les contraintes de lancement du projet ont impliqué un démarrage des inventaires au mois de mai, décalant le calendrier théorique du protocole. Les trois passages ont été réalisés aux dates suivantes :

- premier passage réalisé du 04 mai au 28 mai en 2021 et du 04 au 26 avril en 2022,
- deuxième passage réalisé du 31 mai au 18 juin en 2021 et du 02 au 28 mai en 2022,
- troisième passage réalisé du 21 juin au 11 juillet en 2021 et du 02 au 27 juin en 2022.

2.5. Espèces ciblées

Lors des inventaires sur le terrain la totalité des espèces d'oiseaux observées durant les points d'écoute ont été notées afin de correspondre au protocole EPS. Toutefois, pour répondre à la problématique de cette étude et évaluer les incidences des travaux de curage sur l'avifaune nicheuse dans le marais de Brouage, trois cortèges d'espèces ont été plus spécifiquement ciblés et pris en compte dans les analyses :

- le cortège « Paludicoles », regroupant des espèces associées aux roselières rivulaires : la Rousserolle effarvate, la Rousserolle turdoïde, le Phragmite des joncs, le Bruant des roseaux, la Gorgebleue à miroir, la Cisticole des joncs et la Locustelle luscinoïde ;
- le cortège « Buissonnant », regroupant des espèces associées aux lisières buissonnantes et arbustives : la Bouscarle de Cetti, le Tarier pâtre, le Bruant proyer, la Fauvette grisette, le Rossignol Philomèle, l'Hypolaïs polyglotte, la Tourterelle des bois et la Pie-grièche écorcheur ;
- le cortège des « Oiseaux d'eau » : la Gallinule poule-d'eau, la Foulque macroule et le Râle d'eau.



Photo 8 : Gorgebleue à miroir, mâle adulte ©P. Mariolan

2.6. Analyses des données

2.6.1. Indicateurs biologiques

Pour mieux connaître et quantifier la biodiversité ainsi que ses variations spatio-temporelles sur un territoire, des indicateurs biologiques, pouvant être répliqués dans le temps, sont utilisés. Un indicateur biologique doit aider à évaluer quantitativement et qualitativement l'état de santé et la richesse du taxon ou du site étudié. Afin d'évaluer l'impact du curage des fossés sur l'avifaune nicheuse, des indicateurs biologiques ont ainsi été établis pour cette étude. Recalculés pour chaque année de suivis et pour chaque catégorie de points, ils servent de base dans l'analyse comparative. Ici, ces indicateurs visent à caractériser les cortèges avifaunistiques sur chaque type de points et par année, pour ensuite comparer et analyser les points « témoins » et les points « curés », avant et après travaux.

Les indicateurs biologiques utilisés dans cette étude sont décrits ci-dessous.

➤ LA RICHESSE SPECIFIQUE

La richesse spécifique correspond au **nombre total d'espèces observées** lors d'un inventaire. Ici, ont été étudiées :

- La richesse spécifique totale : nombre total d'espèces observées sur l'ensemble des points d'écoute, sur les points « témoins » et sur les points « curés » ;
- La richesse spécifique cumulée par point d'écoute : nombre total d'espèces observées sur un point d'écoute pour l'ensemble des trois passages annuels. Cet indicateur a été calculé en tenant compte d'une part des trois cortèges cibles (n= 18 espèces), et en tenant compte d'autre part que du cortège « Paludicoles » (n= 7 espèces).

➤ L'ABONDANCE

L'abondance correspond au **nombre total d'individus comptabilisés**. On s'est ici plus particulièrement intéressé à l'abondance maximale, calculée par espèce ou par point d'écoute.

- L'abondance maximale par espèce : correspond à l'effectif maximal dénombré pour une espèce donnée sur l'ensemble des points d'écoute lors d'un même passage. L'abondance maximale a été calculée pour l'ensemble des espèces observées.

Pour chaque espèce, les effectifs comptabilisés sur l'ensemble des points sont additionnés pour chacun des passages. Cela nous donne une abondance spécifique par passage. Pour l'abondance maximale par espèce, nous conservons le passage avec l'effectif le plus important. Certaines espèces précoces, comme la Bouscarle de Cetti, sont détectées en plus grand nombre au premier passage. Les effectifs du passage 1 seront conservés. D'autres espèces migratrices tardives, comme la Tourterelle des bois, ne sont pas encore arrivées lors du premier passage sur les points d'écoute. Nous conservons les données du passage 2 ou 3 pour ces espèces.

- L'abondance maximale spécifique cumulée par point d'écoute : elle est calculée pour un point d'écoute donné, en retenant pour chacune des espèces contactées sur ce point l'effectif maximal obtenu lors d'un passage. Les abondances maximales retenues par espèce sont ensuite additionnées pour avoir l'abondance maximale spécifique cumulée sur le point d'écoute. Cette abondance maximale par point d'écoute n'a été étudiée en ne tenant compte que des espèces cibles d'une part, et des espèces paludicoles d'autre part.

Par exemple, sur le point d'écoute n°12 en 2022 l'abondance maximale de la Bouscarle de Cetti est de 3 individus au passage 2, celle de la Cisticole des joncs est de 3 individus au passage 3, celle de la Gorgebleue est de 1 au passage 1. Ces abondances maximales par espèce ainsi retenues sont cumulées pour toutes les espèces cibles contactées sur le point d'écoute et nous donne l'abondance maximale par point d'écoute. Un tableau d'exemple est présenté en annexe 1.

➤ LA FREQUENCE D'OCCURRENCE

La fréquence d'occurrence totale, calculée par espèce, correspond au **nombre de fois où cette espèce a été contactée sur l'ensemble du suivi**, c'est-à-dire rapportée au nombre total de points et de passages réalisés par an. Cette fréquence d'occurrence est calculée tous points confondus et en fonction du type de points, « témoins » ou « curés ».

Pour les espèces paludicoles étudiées, est également donné le pourcentage de points occupés, au global et pour les points « témoins » et les points « curés » séparément.

➤ POURCENTAGE DE DONNEES LOCALISEES SUR L'EMPRISE DU RESEAU HYDRAULIQUE

Chaque donnée saisie sur le terrain via l'application *NaturaLlist*® est géolocalisée par l'observateur en fonction de la position géographique de l'oiseau contacté, permettant ainsi de projeter sur cartographie chaque donnée récoltée et d'analyser la répartition spatiale des oiseaux dans l'environnement.

En tenant compte d'une zone tampon autour du réseau hydraulique, le **nombre total de données localisées dans l'emprise du réseau hydraulique**, et donc à proximité immédiate d'un fossé, a été obtenu et **rapporté au nombre total de données saisies**. Ce rapport a été calculé en fonction du type de point. Pour les points d'écoute « témoins », l'ensemble du réseau hydraulique a été considéré. Pour les points d'écoute « curés », seul le réseau hydraulique curé en 2021 a été pris en compte pour ne considérer que les fossés impactés par les travaux. Ceci permet de s'affranchir des données saisies sur le reste du réseau hydraulique présent à proximité du point d'écoute mais non impacté par les travaux de curage.

Une zone tampon de 15 m de part et d'autre des fossés (soit 30 m au total) a été choisie. Cette distance a été retenue pour englober les habitats directement impactés par le passage de la pelle et pour tenir compte de l'incertitude de mesure et de géolocalisation liée à la fois à la précision du GPS et au biais de l'observateur. Cette analyse cartographique a été réalisée à partir du logiciel *QGis 3.22.5*. En annexe 2 sont présentées à titre d'exemple des captures d'écran de cette analyse spatiale.

Cet indicateur a pour objectif de caractériser plus finement la répartition spatiale des individus à l'échelle d'un point d'écoute et leur lien avec les habitats présents sur le réseau hydraulique.

2.6.2. Analyses statistiques

➤ KHI-DEUX D'INDEPENDANCE (X^2)

Les fréquences d'occurrence et les pourcentages de données localisées sur l'emprise du réseau hydraulique se rapportent à des variables quantitatives brutes de nombre de points ou de nombre de données. Des tests de **Khi-deux d'indépendance (X^2)** ont été utilisés afin de comparer les différences entre 2021 et 2022 pour chacune des deux catégories de points, « témoins » et « curés ».

➤ ANALYSES DE VARIANCE

Les variables Richesse spécifique et Abondance maximale par point d'écoute ont été comparées en fonction de l'année et (i) du type de points ou (ii) de la typologie de berge. L'objectif est de tester la significativité des variations observées entre l'année 1 avant travaux et l'année 2 après travaux, ainsi que de tester si cette potentielle différence change en fonction du type de point ou d'habitat. Pour cela, des analyses de variance à deux facteurs croisés ont été effectuées. S'agissant de données de comptages ne suivant pas une loi normale, des **modèles linéaires généralisés avec interaction et en loi de Poisson** ont été effectués. La variable « Année » a été utilisée comme variable explicative, en interaction avec la variable « Type de point » ou « Typologie de berge ».

Les résultats détaillés pour chaque test réalisé sont donnés en annexe 3.

L'ensemble des analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel *R*® 4.1.3 et de l'interface graphique *R-Studio*®.

3. Résultats

Au cours de ce suivi, 300 points d'écoute de 5 minutes ont été réalisés chaque année sur le marais de Brouage, représentant 25 heures d'inventaire par année, soit 50 heures sur les 2 ans. Cela représente au total 3993 données collectées en 2021 et 4402 données collectées en 2022, toutes espèces d'oiseaux confondues. Plus spécifiquement concernant les espèces cibles de l'étude, il y a respectivement en 2021 et 2022 : 672 et 645 données pour le cortège des paludicoles, 741 et 776 données pour le cortège des « buissonnants », et 103 et 227 pour le cortège des oiseaux d'eau (Figure 3).

Lors des inventaires 2021, le point d'écoute numéro 58 n'a pas été inventorié car celui-ci était inaccessible, un point numéro 101 a été ajouté à l'inventaire à la place. En 2022, le même plan d'échantillonnage a été suivi.

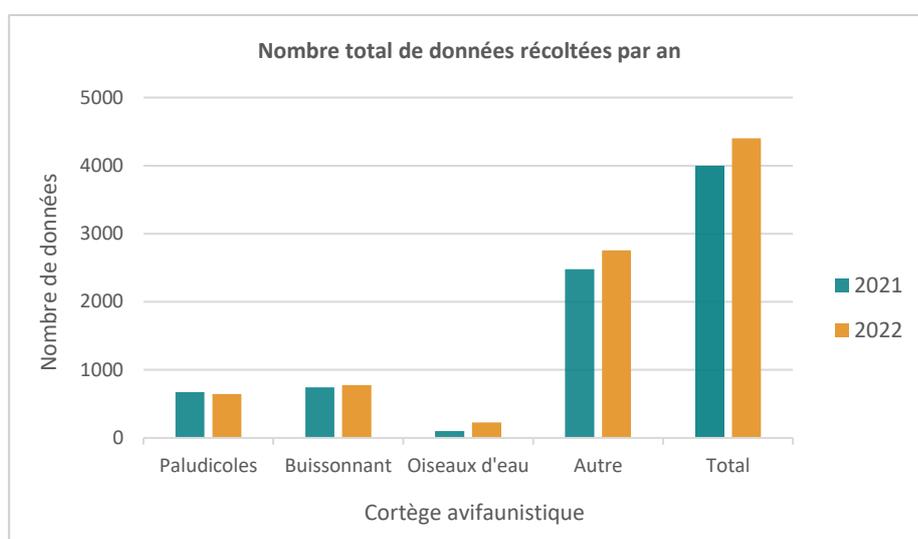


Figure 3 : Nombre total de données récoltées lors des inventaires, par an et par type de cortège. (n total = 8395 données)

3.1. Richesse spécifique totale

Toutes espèces d'oiseaux prises en compte, la richesse spécifique sur l'ensemble des points d'écoute est de **83 espèces observées en 2021**, contre **98 espèces observées en 2022**. Sur les points « témoins », la richesse spécifique totale est de 72 espèces en 2021 et de 81 espèces en 2022. Sur les points « curés », elle est de 80 espèces en 2021 et de 94 espèces en 2022 (Tableau 1).

Parmi les 18 espèces classées en tant qu'espèces cibles, 17 ont été recensées sur le site d'études en 2021 et en 2022, tous passages et tous points confondus. Seule la Rousserolle turdoïde, appartenant au cortège des passereaux paludicoles, n'a pas du tout été observée au cours de cette étude.

Cette espèce, inféodée aux roselières denses et inondées, subit un déclin très important sur la façade atlantique. En Charente-Maritime, l'espèce est passée de 300-500 couples en 1990 à une estimation de 20 à 25 couples en 2010 (PCN, 2018). L'espèce est considérée comme « Vulnérable » sur la liste rouge des Oiseaux nicheurs de France et « En danger critique d'extinction » en Poitou-Charentes (UICN 2016 et PCN 2018). Dans le marais de Brouage en 2021, seul un mâle chanteur a été détecté en juin 2021, alors qu'en 2019, 12 données étaient localisées dans le marais de Brouage. En 2022, aucune donnée de mâle chanteur n'a été notée. L'espèce est amenée à disparaître du marais de Brouage à court terme.

Considérant les 17 espèces cibles ainsi détectées dans le marais de Brouage, toutes ont été inventoriées sur le groupe des points « curés » en 2021 et en 2022. Sur les points « témoins », la richesse spécifique totale pour les espèces cibles est de 16 espèces en 2021 et de 14 espèces en 2022 (Tableau 1).

Tableau 1 : Richesse spécifique totale observée en 2021 et 2022 dans le marais de Brouage, sur l'ensemble des points, sur les points « témoins » et sur les points « curés ».

RICHESSE SPECIFIQUE TOTALE	Toutes espèces			Espèces cibles (n total = 18 espèces)		
	Points « témoins »	Points « curés »	Tous points	Points « témoins »	Points « curés »	Tous points
2021	72	80	83	16	17	17
2022	81	94	98	14	17	17

Dans l'ensemble, la richesse spécifique totale observée est plus faible sur les points « témoins » que sur les points « curés ».

Pour la suite des analyses sur la richesse spécifique nous ne tiendrons compte que des cortèges ciblés par l'étude, à savoir les passereaux paludicoles (n = 6 espèces), les espèces des lisères buissonnantes (n = 8 espèces), et les oiseaux d'eaux (n = 3 espèces).

3.2. Richesse spécifique cumulée par point d'écoute

La richesse spécifique moyenne par point d'écoute est de 3,7 (\pm 1,6) espèces cibles en 2021, et de 3,8 (\pm 1,7) espèces cibles en 2022.

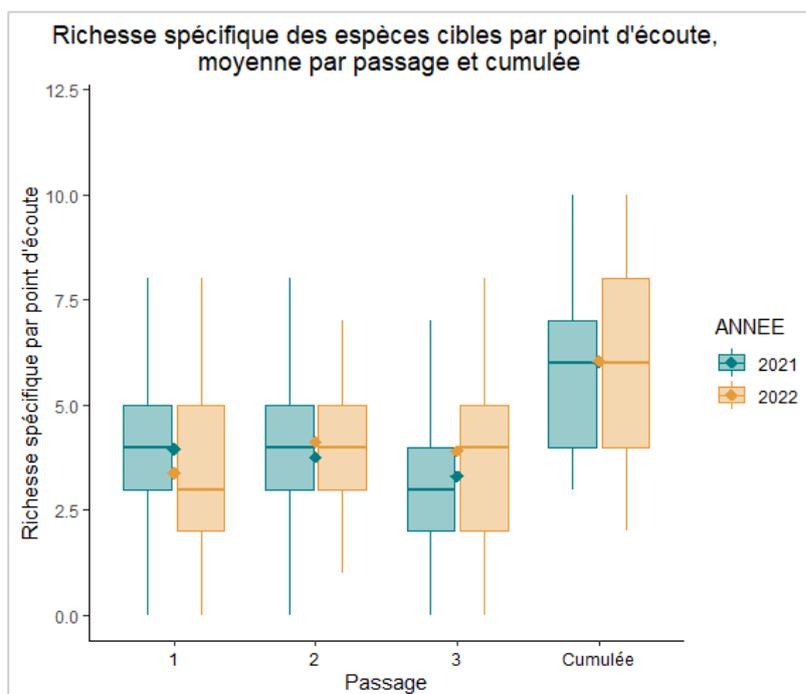


Figure 4 : Richesse spécifique moyenne par point d'écoute et par passage et richesse spécifique cumulée par point d'écoute pour les espèces cibles.

(Les losanges représentent la moyenne, les barres centrales la médiane pour chaque catégorie)

La richesse spécifique moyenne diffère entre les passages durant les deux années. En 2021, la diversité moyenne par point d'écoute est plus faible au passage 3 comparé aux deux premiers passages (*glm #1 ; estimate [« est. »] = - 0,177 ; p-value = 0,018*). En 2022 elle est plus élevée aux passages 2 (*glm #2 ; est. = 0,200 ; p-value = 0,006*) et 3 (*glm #2 ; est. = 0,146 ; p-value = 0,050*) par rapport au premier passage (Figure 4).

Ces variations observées sur la richesse spécifique moyenne par passage reflète en partie la phénologie des espèces et le biais apporté par le décalage du planning d'inventaire entre les deux années. En effet, une diversité plus faible au troisième passage en 2021 peut s'expliquer par le fait que les inventaires se sont étalés jusqu'à début juillet, lorsque certaines espèces ont déjà terminé leur reproduction et deviennent donc moins détectables. A l'inverse, la diversité notée au premier passage en 2022, réalisé au mois d'avril, recense principalement les nicheurs précoces, d'autres espèces plus tardives n'arrivant qu'en mai. Afin de tenir compte de l'ensemble du cortège avifaunistique nicheur localement et pour maîtriser ce biais lié au décalage de phénologie entre espèces, **nous nous intéresserons par la suite uniquement à la richesse spécifique cumulée par point d'écoute**. Elle correspond au nombre total d'espèces observées sur un point d'écoute pour l'ensemble des trois passages annuels.

La richesse spécifique cumulée par point d'écoute varie de 3 à 12 espèces cibles en 2021 (Carte 3). En moyenne sur l'ensemble des points d'écoute elle est de **6,04 (± 2,01) espèces cibles en 2021**. En 2022, elle varie de 2 à 10 espèces cibles par point d'écoute (Carte 4), avec une **moyenne de 6,05 (± 1,99) espèces cibles** (Figure 4). **Tous points confondus (curés et témoins), il n'y a pas de différence significative entre les deux années** (*glm #3 ; p-value > 0,05*). La richesse spécifique cumulée par point d'écoute sur la globalité des inventaires (points d'écoute 2021 et 2022 pris en compte) est présentée sur la carte en annexe 4.

De la même façon, si l'on s'intéresse uniquement au cortège des passereaux paludicoles (n = 6 espèces), la richesse spécifique cumulée par point d'écoute moyenne ne change pas entre les deux années (*glm #4 ; p-value > 0,05*). En 2021, il y a en moyenne **2,29 (± 1,39) espèces paludicoles** recensées par point d'écoute. En 2022, il y a en moyenne **2,084 (± 1,22) espèces paludicoles** recensées par point d'écoute (Figure 5).

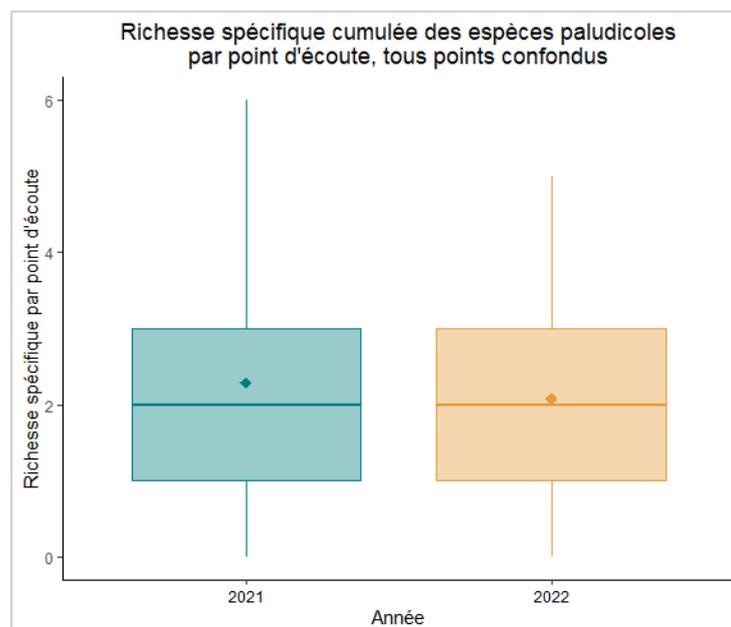
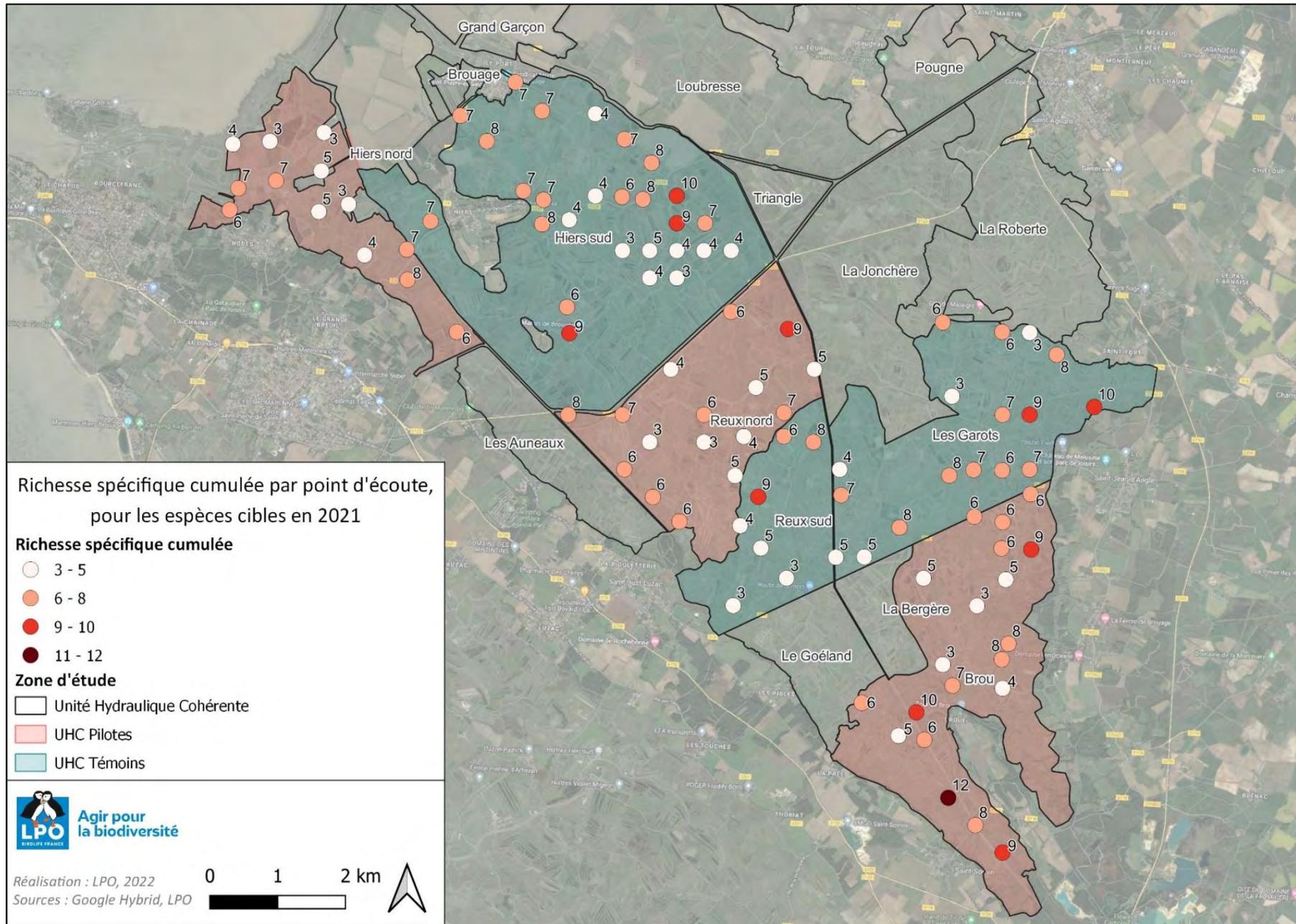
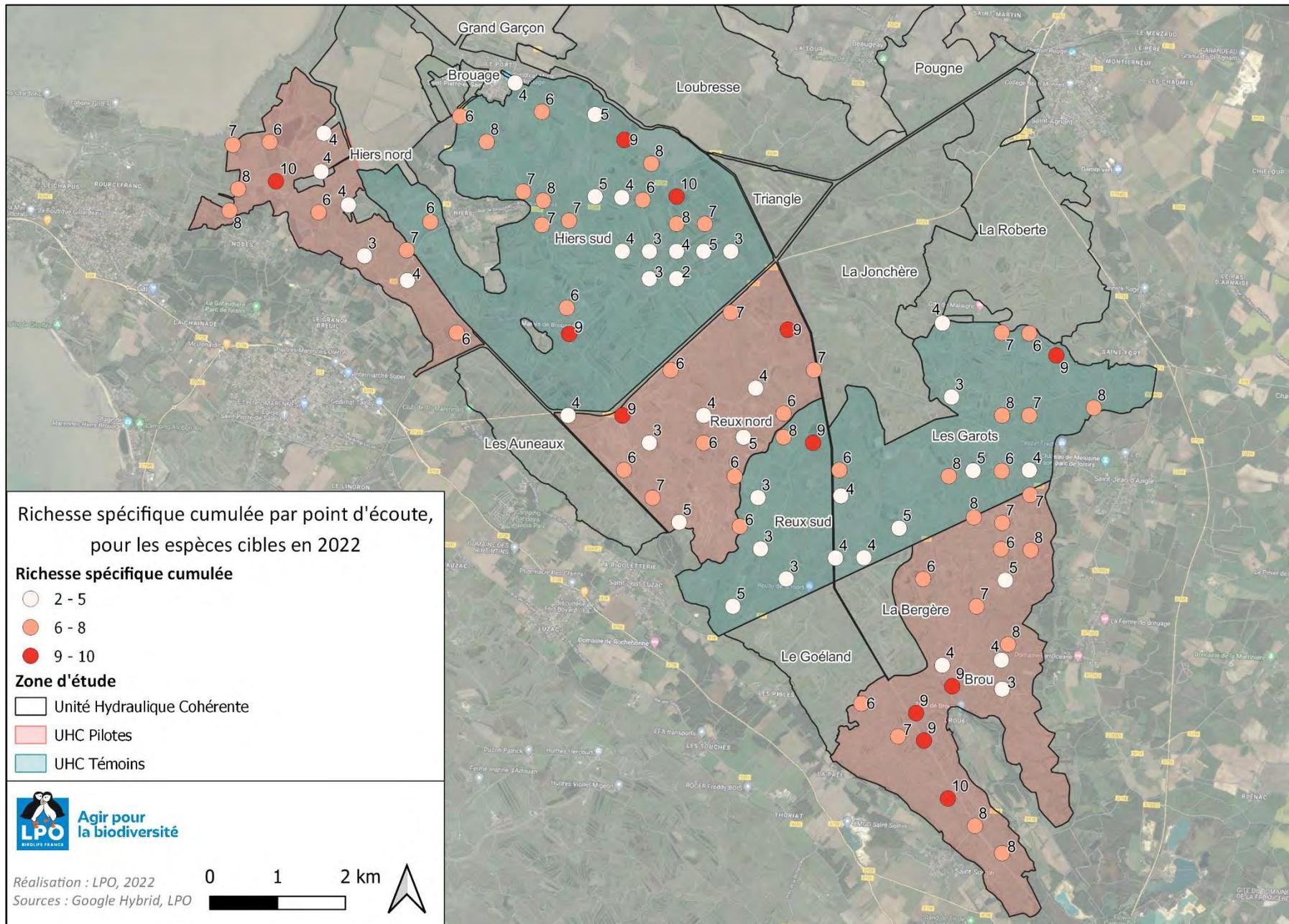


Figure 5 : Richesse spécifique cumulée par point d'écoute pour les espèces paludicoles (n tot=6 espèces) en fonction de l'année. (Les losanges représentent la moyenne, les barres centrales la médiane pour chaque catégorie)



Carte 3: Richesse spécifique cumulée par point d'écoute en 2021 pour les espèces cibles (n= 17 espèces)



Carte 4 : Richesse spécifique cumulée par point d'écoute en 2022 pour les espèces cibles (n= 17 espèces)

3.2.1. Analyse par typologie de berge

- Espèces cibles

La richesse spécifique cumulée par point d'écoute est significativement plus faible sur les points avec une typologie de berge de type herbacé (*glm #5 ; est. HABITAT_H= - 0,21 ; p-value = 0,038*). Il y a en moyenne 5,23 ($\pm 1,78$) espèces cibles en 2021 et 5,5 ($\pm 1,98$) espèces cibles en 2022 sur les points « Herbacés ». Sur les points aux berges de typologie buissonnantes, il y a en moyenne 6,46 ($\pm 2,01$) et 6,64 ($\pm 1,83$) espèces cibles, respectivement en 2021 et 2022. Sur les points classés « Roselière », la richesse spécifique cumulée est similaire et en moyenne de 6,64 ($\pm 2,01$) espèces cibles en 2021 et de 6,18 ($\pm 2,01$) espèces cibles en 2022 (Tableau 2, Figure 6).

Tableau 2 : Richesse spécifique cumulée par point d'écoute selon la typologie de berge pour les cortèges d'espèces cibles

Richesse spécifique cumulée par point d'écoute selon la typologie de berge Cortèges cibles (17 esp.) (moyenne \pm écart-type)			
Typologie de berge	Buissonnant	Herbacé	Roselière
2021	6,46 \pm 2,01	5,23 \pm 1,78	6,64 \pm 2,01
2022	6,64 \pm 1,83	5,5 \pm 1,98	6,18 \pm 2,01

En dehors de la différence de richesse spécifique notée pour les points « herbacés », aucun effet « Année » n'est détecté (*glm #5 ; p-value > 0,05*). **La richesse spécifique cumulée par point d'écoute reste similaire d'une année à l'autre sur chaque typologie de berge lorsque l'on considère l'ensemble de espèces cibles** (Tableau 2, Figure 6).

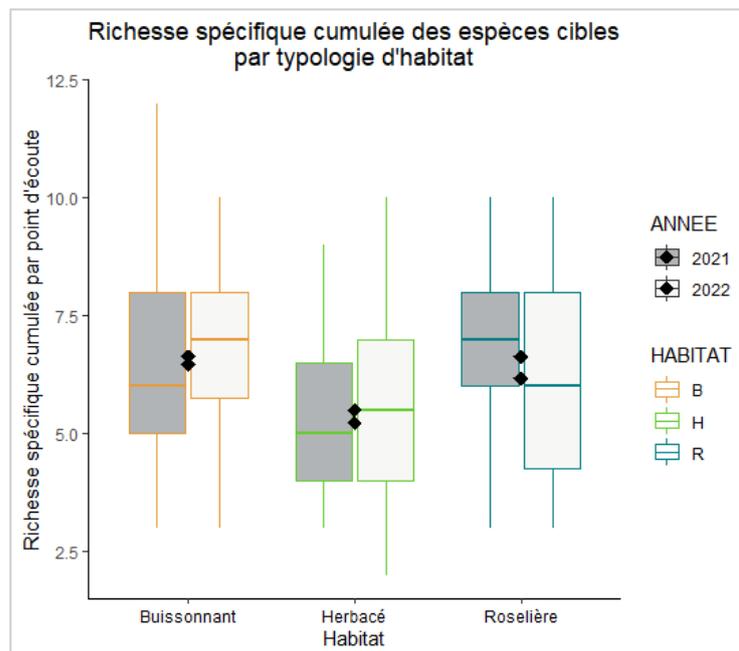


Figure 6 : Richesse spécifique cumulée par point d'écoute selon la typologie de berge pour les cortèges d'espèces cibles

- Espèces paludicoles

La même analyse par typologie d'habitat a été réalisée en ne s'intéressant cette fois-ci qu'au cortège des passereaux paludicoles (n= 6 espèces). Pour chaque point d'écoute, le nombre total d'espèces paludicoles présentes par point d'écoute au cours des trois passages annuels a été calculé.

La diversité d'espèces paludicoles sur les points de typologie « buissonnant » est de 1,75 (\pm 0,89) espèces en 2021 et de 1,64 (\pm 1,10) espèces en 2022. Sur les points de typologie « herbacé », cette même diversité est de 1,84 (\pm 1,32) espèces en 2021 et de 1,84 (\pm 1,17) espèces en 2022. Sur les points de typologie « roselière », on constate en moyenne 3,27 (\pm 1,31) espèces de passereaux paludicoles par point d'écoute en 2021 et 2,71 (\pm 1,17) espèces en 2022 (Figure 7). La richesse spécifique cumulée par point d'écoute pour le cortège paludicole est significativement plus élevée sur les points de typologie « roselière » que sur les deux autres catégories (*glm* # 6 ; *est. HABITAT_R*= 0,63 ; *p-value* < 0,001). Ce résultat fait sens au regard de l'écologie des espèces considérées : par définition, les passereaux paludicoles sont des espèces inféodées aux marais ou zones humides et plus spécifiquement associées aux habitats de type phragmitaies / roselières (Trnka *et al.*, 2014) pour la réalisation de tout ou partie de leur cycle de reproduction. Il est donc cohérent d'obtenir une richesse spécifique plus élevée pour ce cortège sur ce type d'habitat.

Sur les points de typologie « buissonnant » et « herbacé » la diversité moyenne paludicole par point d'écoute ne change presque pas entre 2021 et 2022. En revanche, bien qu'aucune différence significative ne soit détectée en fonction de l'année (*glm* #6 ; *p-value* > 0,05), on constate une **baisse de la diversité moyenne paludicole sur les points dont les berges sont définies en « roselière »**, avec une valeur passant de 3,27 (\pm 1,31) espèces en 2021 à 2,71 (\pm 1,17) espèces en 2022 (Figure 7). La capacité d'accueil pour l'avifaune nicheuse semble donc réduite l'année après travaux sur les points possédant initialement des berges en roselière.

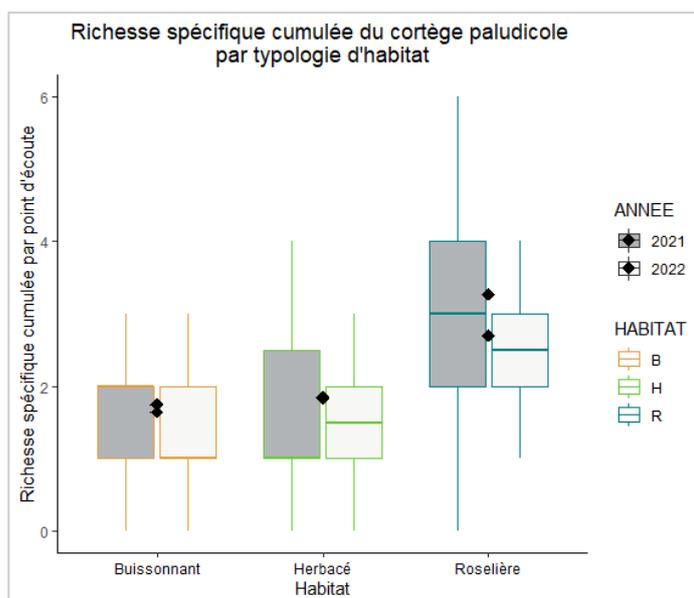


Figure 7: Richesse spécifique cumulée par point d'écoute selon la typologie de berge pour le cortège paludicole

3.2.2. Analyse par type de point (témoins / curés)

- Espèces cibles

Afin d'analyser les effets du curage sur la richesse spécifique de l'avifaune les points « témoins » (non curés) et « curés » ont été comparés. Considérant l'ensemble des espèces cibles, la diversité moyenne par point d'écoute est de 6,11 (\pm 2,02) espèces en 2021 et de 6,51 (\pm 1,86) espèces en 2022 sur les points « curés ». Sur les points « témoins », on mesure une diversité moyenne par point d'écoute de 5,91 (\pm 2,02) espèces en 2021 et de 5,2 (\pm 1,95) espèces en 2022 (Figure 8). **Il n'y a pas de différence significative constatée entre les richesses spécifiques cumulées sur les points « témoins » et sur les points « curés » lors des deux années, de même que d'une année à l'autre pour un même type de point** (*glm* #7 ; *p-value* > 0,05).

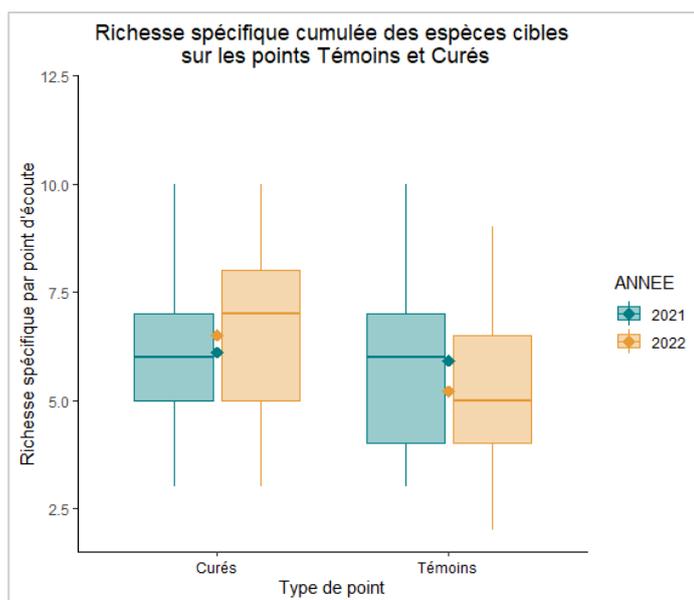


Figure 8 : Richesse spécifique cumulée par point d'écoute selon le type de point (curés/témoins) pour les cortèges d'espèces cibles

- Espèces paludicoles

En ne tenant compte que du cortège paludicole, on note en moyenne 2,28 ($\pm 1,39$) espèces par point d'écoute en 2021 et 2,15 ($\pm 1,21$) espèces en 2022 sur les points « curés », et 2,31 ($\pm 1,41$) espèces par point d'écoute en 2021 et 1,94 ($\pm 1,26$) espèces en 2022 sur les points « témoins » (Figure 9). A nouveau, **la richesse spécifique cumulée par point d'écoute ne diffère pas significativement entre les points « témoins » et les points « curés » lorsqu'on analyse la diversité des espèces paludicoles** (*glm #8 ; p-value > 0,05*). De plus, la richesse spécifique est similaire entre les deux années avant-après travaux (*glm #8 ; p-value > 0,05*).

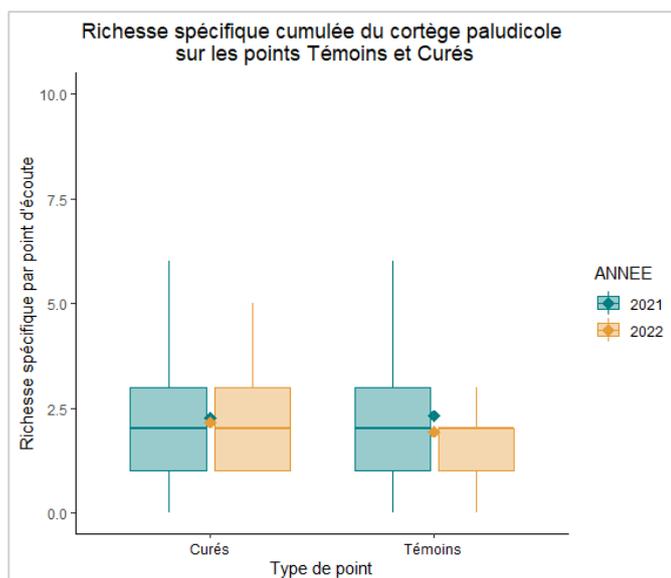


Figure 9 : Richesse spécifique cumulée par point d'écoute selon le type de point (curés/témoins) pour le cortège paludicole

3.3. Abondance maximale par espèce

Pour chaque espèce contactée, l'abondance maximale a été calculée, correspondant à l'effectif maximal dénombré sur l'un des trois passages pour l'ensemble des points. Ces abondances sont présentées dans les diagrammes pages suivantes (Figure 10, Figure 11).

Ainsi, en 2021, les 5 espèces les plus abondantes sur les points d'écoute du marais de Brouage sont :

- l'Étourneau sansonnet (213 individus),
- le Cygne tuberculé (178 individus),
- l'Alouette des champs (159 individus),
- le Martinet noir (158 individus),
- l'Échasse blanche (155 individus).

En 2022, les espèces les plus abondantes sont :

- l'Étourneau sansonnet (499 individus),
- l'Échasse blanche (221 individus),
- la Mouette rieuse (187 individus),
- l'Alouette des champs (175 individus),
- la Bouscarle de Cetti (157 individus) et le Cygne tuberculé (157 individus).

Quatre espèces se retrouvent chaque année parmi les espèces les plus abondantes : l'Étourneau sansonnet, l'Alouette des champs, l'Échasse blanche et le Cygne tuberculé. L'Étourneau sansonnet présente une grande différence d'abondance maximale. Espèce grégaire, elle peut former des groupes de plusieurs milliers d'individus, la différence d'abondance notée ici ne reflète que la variabilité aléatoire liée l'observation de groupes plus ou moins denses lors des points d'écoute. Elle reste l'espèce la plus abondante en termes d'effectifs. L'Alouette des champs, l'Échasse blanche et le Cygne tuberculé sont des espèces bien représentées dans le marais de Brouage chaque année en période de reproduction. Pour d'autres espèces comme le Martinet noir ou la Mouette rieuse, les effectifs dénombrés ici correspondent quasi-exclusivement à des individus migrants ou en transit localement sur la zone d'étude. La réalisation de points d'écoute lors d'un pic de passage d'individus migrants une année donnée ou lors de flux locaux entre deux zones d'alimentation par exemple influencera positivement l'abondance totale notée pour l'espèce. Ces espèces ne font pas parti des cortèges d'espèces cibles, le protocole d'étude mis en place ici ne cherche pas et ne permet pas d'étudier plus en détail leur variation d'abondance.

Chaque année **sont observées parmi les espèces les plus abondantes deux espèces du cortège des paludicoles**, la Cisticole des joncs (121 et 135 individus respectivement) et la Rousserolle effarvate (85 et 88 individus), **ainsi que deux espèces du cortège des milieux buissonnants**, la Bouscarle de Cetti (119 et 157 individus) et la Fauvette grisette (114 et 97 individus).

Abondance maximale observée par espèce en 2021

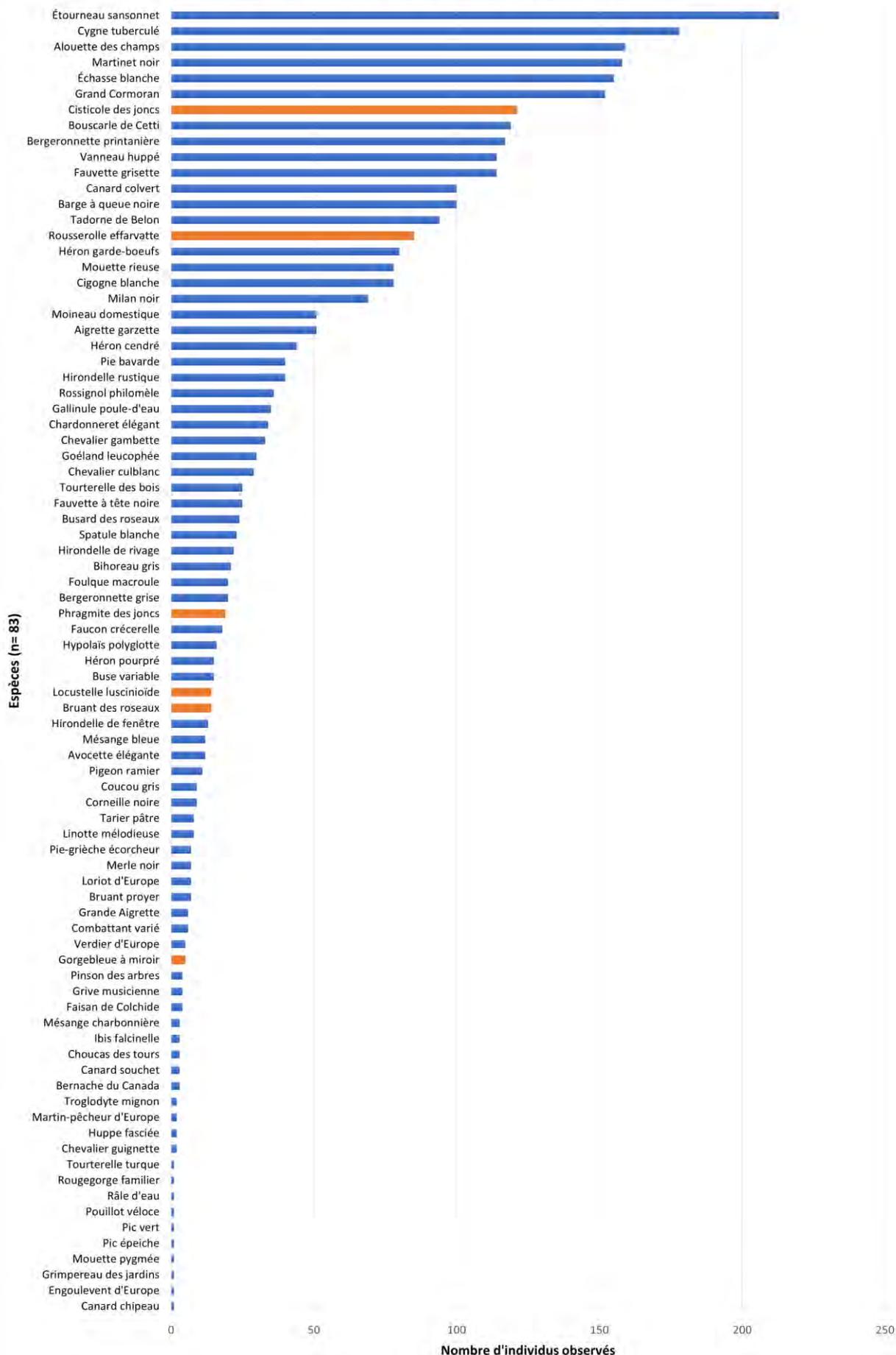


Figure 10 : Abondance maximale observée par espèce en 2021
(En orange sont distinguées les 6 espèces du cortège paludicole)

Abondance maximale observée par espèce en 2022

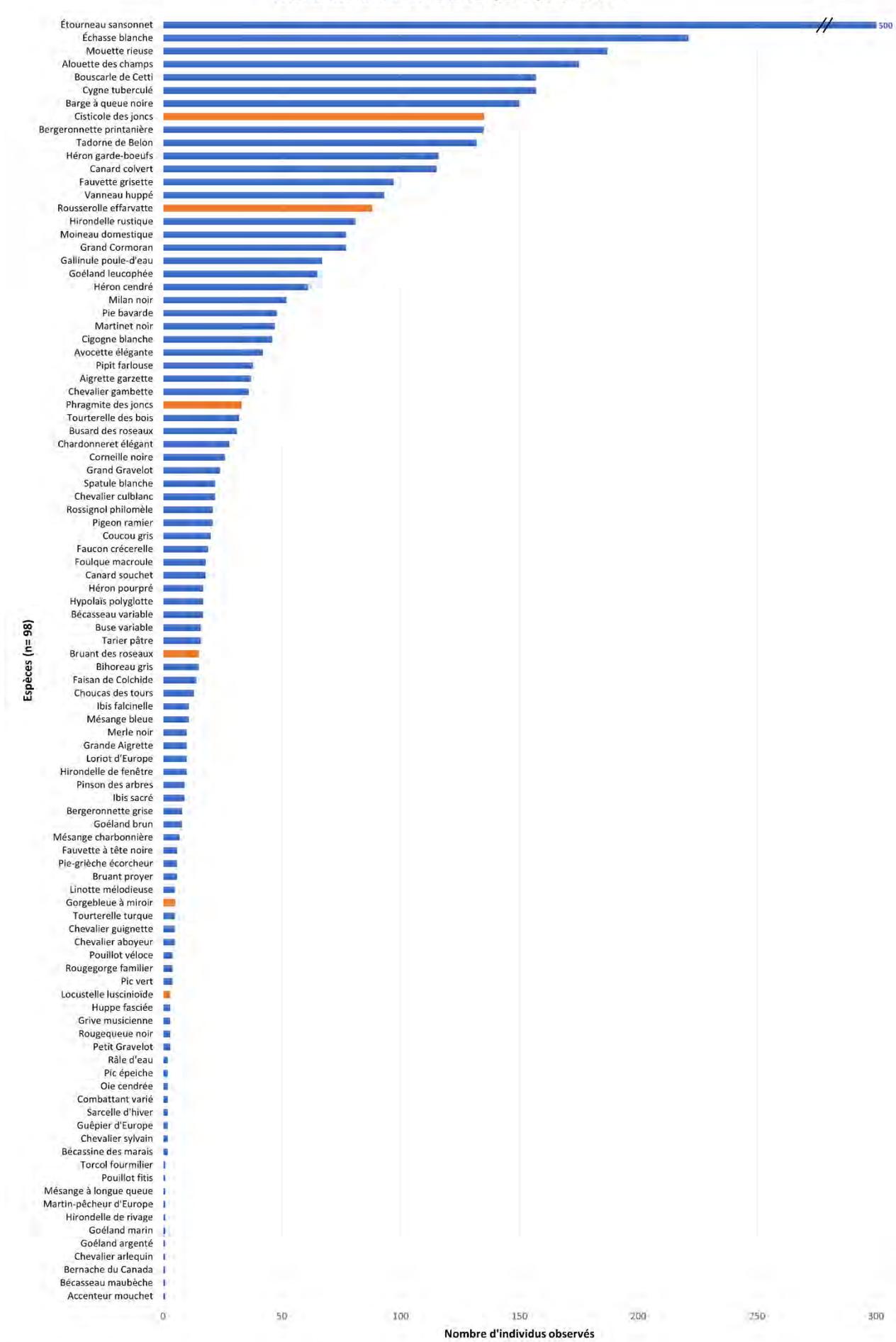


Figure 11 : Abondance maximale observée par espèce en 2022
(En orange sont distinguées les 6 espèces du cortège paludicole)

Le diagramme ci-dessous montre plus spécifiquement les abondances maximales notées pour l'ensemble des espèces cibles de l'étude (n= 17 espèces) en 2021 et 2022.

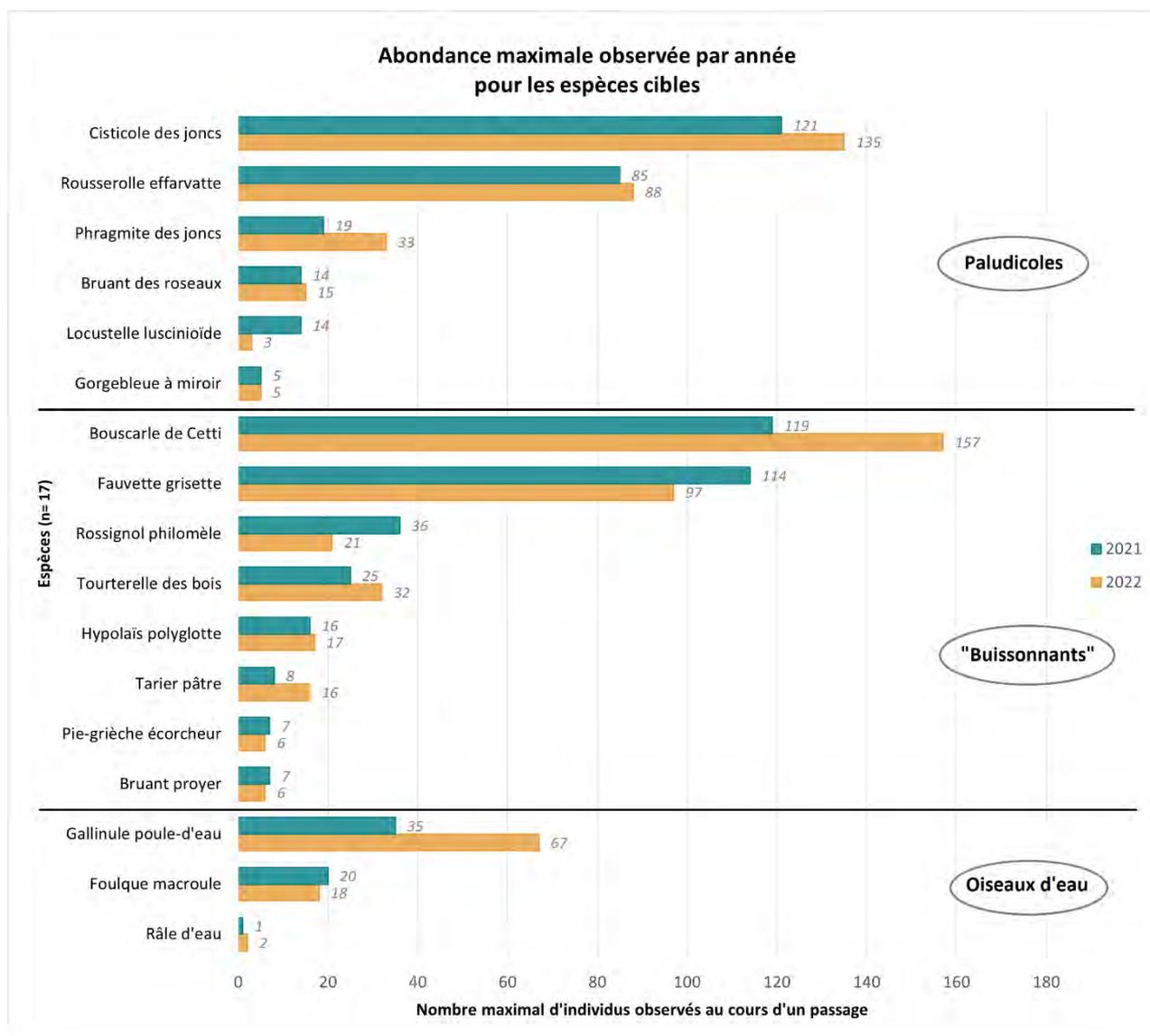


Figure 12 : Abondances maximales observées en 2021 et 2022 pour les 17 espèces cibles.
(Les espèces sont classées par cortège avifaunistique : paludicoles, « buissonnants », ou oiseaux d'eau)

Chez le cortège des oiseaux paludicoles nicheurs dans le marais de Brouage, on note une abondance maximale identique ou légèrement supérieure en 2022 par rapport à 2021 pour la Gorgebleue à miroir, le Bruant des roseaux et la Rousserolle effarvatte.

L'abondance maximale recensée est plus grande en 2022 pour la Cisticole des joncs et le Phragmite des joncs. Concernant le Phragmite des joncs, cette augmentation des effectifs maximaux dénombrés au cours de l'étude s'explique notamment par la phénologie de l'espèce : en effet, l'espèce revient de ses quartiers d'hivernage au mois d'avril, avec à ce moment-là un flux d'individus migrateurs pouvant être contactés mais qui ne sont pas encore installés sur leur site de reproduction. En 2021, les points d'écoute ayant débuté au mois de mai, la détection de ce passage d'individus migrateurs a donc été moindre et explique l'abondance plus faible obtenue. A l'inverse, si on ne tient compte que de la période mai - juin, l'abondance maximale recensée pour le Phragmite des joncs est de 19 individus en 2021 et 16 individus en 2022.

Pour la Locustelle lusciniôide, l'abondance maximale recensée lors d'un passage passe de 14 individus en 2021 à 3 individus en 2022.

Comme pour la richesse spécifique, pour la suite des analyses sur l'abondance maximale nous ne tiendrons compte que des cortèges ciblés par l'étude, à savoir les passereaux paludicoles ($n = 6$ espèces), les espèces des lisères buissonnantes ($n = 8$ espèces), et les oiseaux d'eaux ($n = 3$ espèces).

3.4. Abondance maximale cumulée

L'abondance maximale cumulée est calculée pour un point d'écoute donné, en additionnant l'effectif maximal de chacune des espèces contactées sur ce point. Elle est étudiée ici en ne tenant compte que des espèces cibles d'une part, et des espèces paludicoles d'autre part.

3.4.1. Analyse par typologie de berge

- Espèces cibles

Toutes espèces cibles confondues, on note une abondance maximale cumulée par point d'écoute de 10,29 ($\pm 3,63$) individus en 2021 et 11,25 ($\pm 3,61$) individus en 2022 sur les points de typologie « buissonnant ». Sur les points « herbacé », l'abondance maximale cumulée est de 8,13 ($\pm 3,74$) individus en 2021 et de 8,76 ($\pm 3,58$) individus en 2022. Sur les points « roselière », l'abondance maximale cumulée est de 10,15 ($\pm 2,82$) individus en 2021 et de 10,53 ($\pm 4,44$) individus en 2022 (Figure 13).

L'abondance maximale cumulée est légèrement plus faible sur les points de typologie « herbacé », avec environ deux individus en moins recensé sur ces points. Cette différence est significative et valable quelle que soit l'année de suivi ($glm \#9$; est. HABITAT_H = - 0,24 ; p -value = 0,004). Par ailleurs, on ne constate pas de changement significatif sur les abondances maximales entre 2021 et 2022 pour chaque catégorie de berges ($glm \#9$; p -value > 0,05). **En moyenne, les abondances maximales des espèces cibles notées par point sont les mêmes en 2021 avant travaux et en 2022 après travaux.**

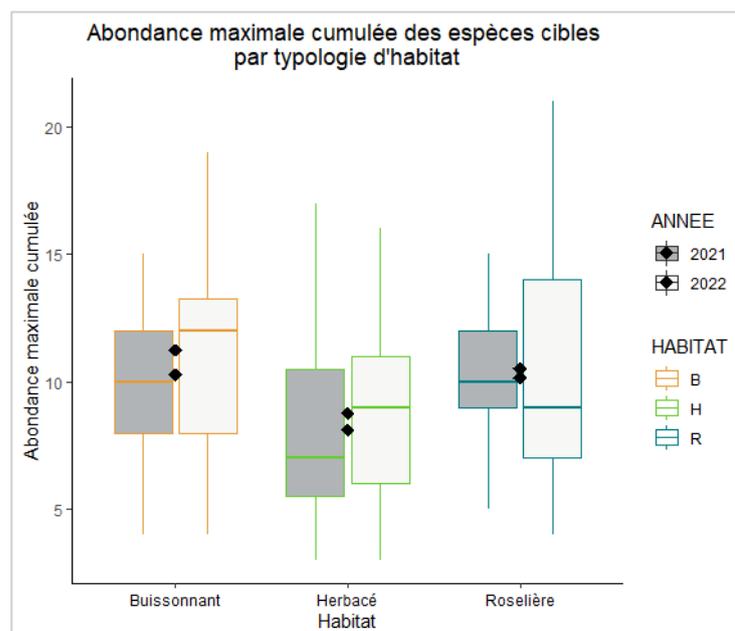


Figure 13 : Abondance maximale cumulée par point d'écoute en fonction de la typologie de la berge pour les espèces cibles

- Espèces paludicoles

Concernant les espèces paludicoles, nous retrouvons les mêmes tendances. Avec en moyenne 5,52 (\pm 2,40) individus par point d'écoute en 2021 et 5,18 (\pm 3,28) individus en 2022, les points avec un typologie de berge « roselière » présentent des abondances maximales d'espèces paludicoles plus importantes que sur les deux autres typologies de berge (Figure 14). Cette différence est significative (*glm* #10 ; est. HABITAT_R = 0,61 ; *p-value* < 0,001).

Par ailleurs, les abondances maximales d'espèces paludicoles dénombrées par point d'écoute ne changent pas entre les deux années (*glm* #10 ; *p-value* > 0,05).

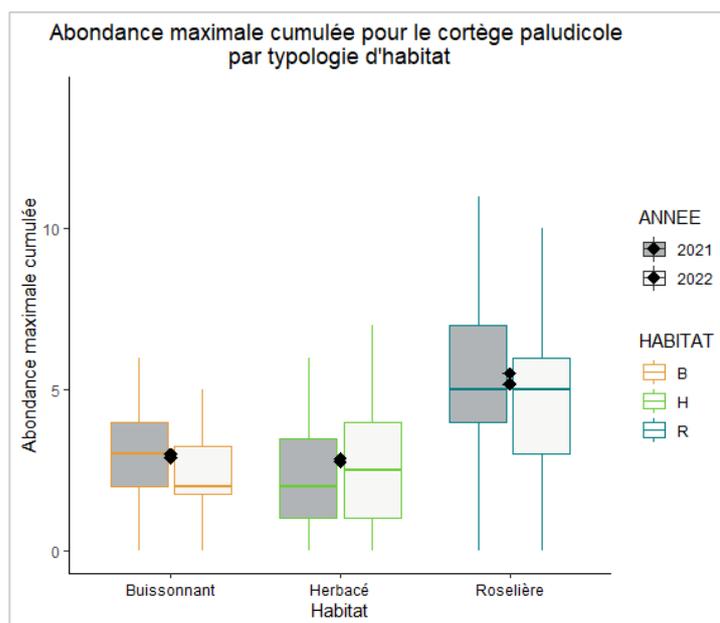


Figure 14 : Abondance maximale cumulée par point d'écoute en fonction de la typologie de la berge pour les espèces paludicoles

3.4.2. Analyse par type de point (témoins / curés)

- Espèces cibles

L'abondance maximale des espèces cibles est légèrement plus élevée sur les points « curés » que sur les points « témoins ». Cette différence est significative (*glm* #11 ; est. TYPE_T = - 0,15 ; *p-value* = 0,029), et s'observe à la fois en 2021 avant travaux et en 2022 après travaux.

En revanche, **pour chaque catégorie de point, on n'observe pas de différence significative entre les deux années** (*glm* #11 ; *p-value* > 0,05). Ainsi, l'effectif maximal cumulé par point d'écoute pour les espèces cibles est en moyenne de 8,49 (\pm 3,49) individus en 2021 et 8,43 (\pm 3,69) individus en 2022 sur les points d'écoute « témoins ». Sur les points d'écoute « curés », l'abondance maximale cumulée est en moyenne de 9,89 (\pm 3,51) individus par point d'écoute en 2021 et de 10,94 (\pm 3,92) individus en 2022 (Figure 15). Il n'y a pas de différence significative entre ces deux valeurs. On ne distingue pas d'effet du curage sur l'abondance des espèces cibles.

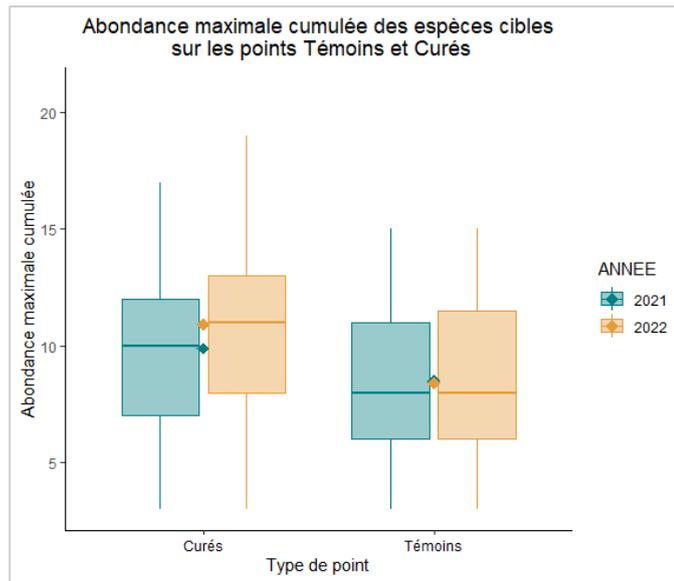


Figure 15 : Abondance maximale cumulée par point d'écoute en fonction du type de point pour les espèces cibles

- Espèces paludicoles

Concernant l'abondance maximale cumulée des espèces paludicoles par point d'écoute, on n'observe aucune différence significative entre points « témoins » et points « curés ». L'abondance maximale cumulée pour les paludicoles est similaire sur les points « témoins » et les points « curés ». **De plus, il n'y a pas de changement d'abondance des espèces paludicoles entre 2021 et 2022 pour chaque type de point** (glm #12 ; p -value > 0,05) (Figure 16).

En moyenne par point d'écoute il y a au maximum 3,46 (\pm 2,51) individus d'espèces paludicoles en 2021 et 3,37 (\pm 2,47) individus en 2022 comptabilisés sur les points d'écoute « témoins ». Sur les points d'écoute « curés », il y a en moyenne un maximum de 3,89 (\pm 2,48) individus d'espèces paludicoles en 2021 et 3,82 (\pm 2,87) individus en 2022 « curés » (Figure 16). On ne distingue pas d'effet du curage sur l'abondance des espèces paludicoles.

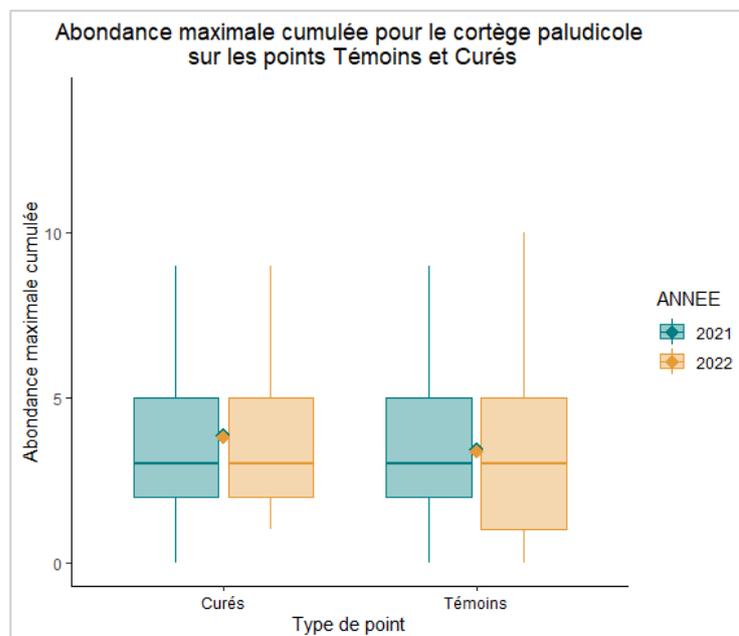


Figure 16 : Abondance maximale cumulée par point d'écoute en fonction du type de point pour les espèces paludicoles

3.5. Fréquence d'occurrence

Pour chaque espèce contactée, la fréquence d'occurrence totale a été calculée, correspondant au nombre de fois où une espèce a été contactée sur l'ensemble des points d'écoute et des passages, soit 300 points d'écoute par an. Ces fréquences d'occurrence sont présentées dans les diagrammes pages suivantes (Figure 17, Figure 18).

Les 5 espèces les plus fréquentes sur les points d'écoute du marais de Brouage sont les mêmes en 2021 et en 2022 :

- l'Alouette des champs (fréquence 2021 : 0,79, fréquence 2022 : 0,85) ;
- la Cisticole des joncs (fréquence 2021 : 0,76, fréquence 2022 : 0,83) ;
- la Bouscarle de Cetti (fréquence 2021 : 0,62, fréquence 2022 : 0,73) ;
- la Bergeronnette printanière (fréquence 2021 : 0,61, fréquence 2022 : 0,68) ;
- la Fauvette grisette (fréquence 2021 : 0,58, fréquence 2022 : 0,50).

Fréquence d'occurrence des espèces observées sur la globalité du suivi en 2021

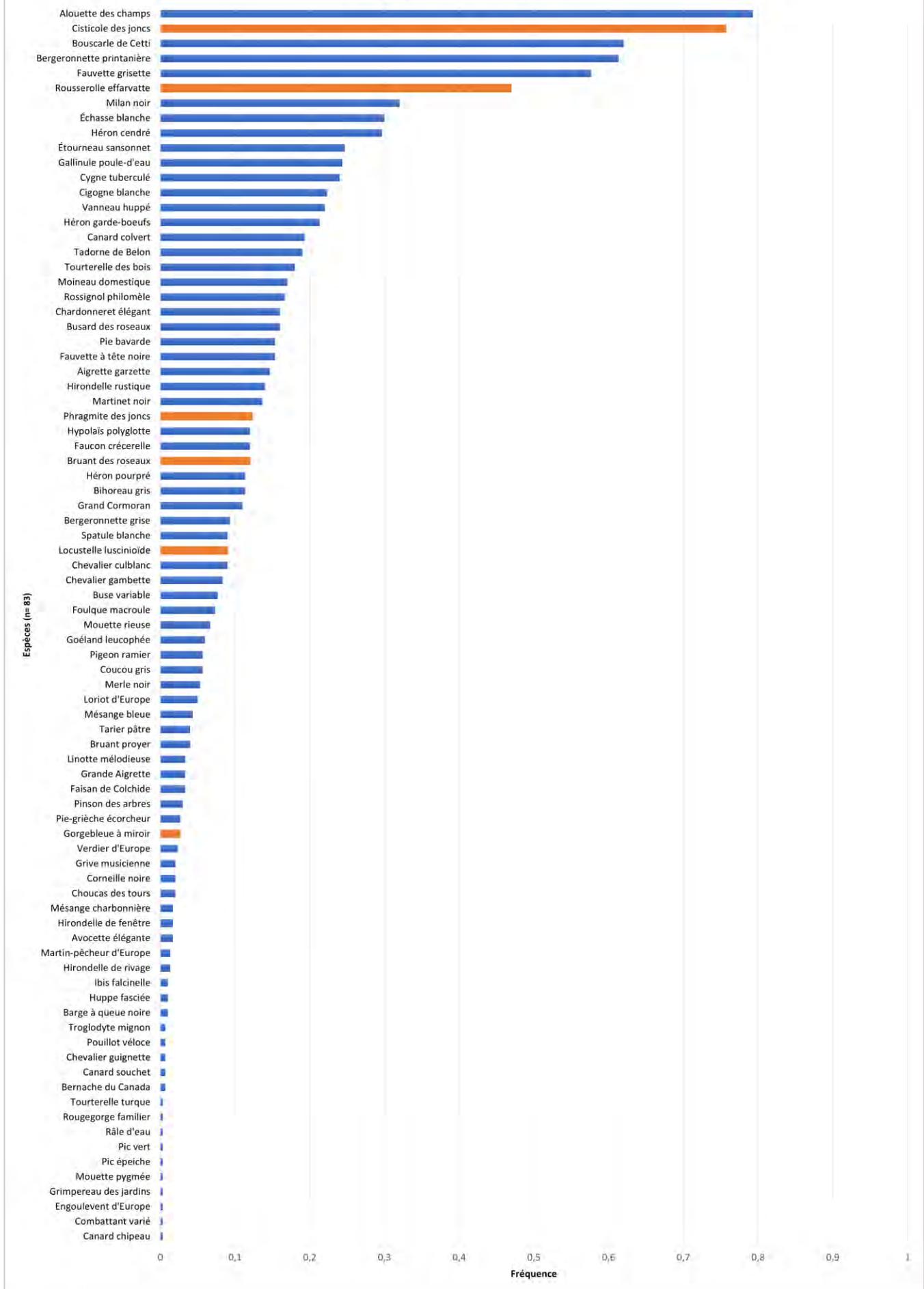


Figure 17 : Diagramme des fréquences d'occurrences observées par espèce en 2021
(En orange sont distinguées les 6 espèces du cortège paludicole)

Fréquence d'occurrence des espèces observées sur la globalité du suivi en 2022

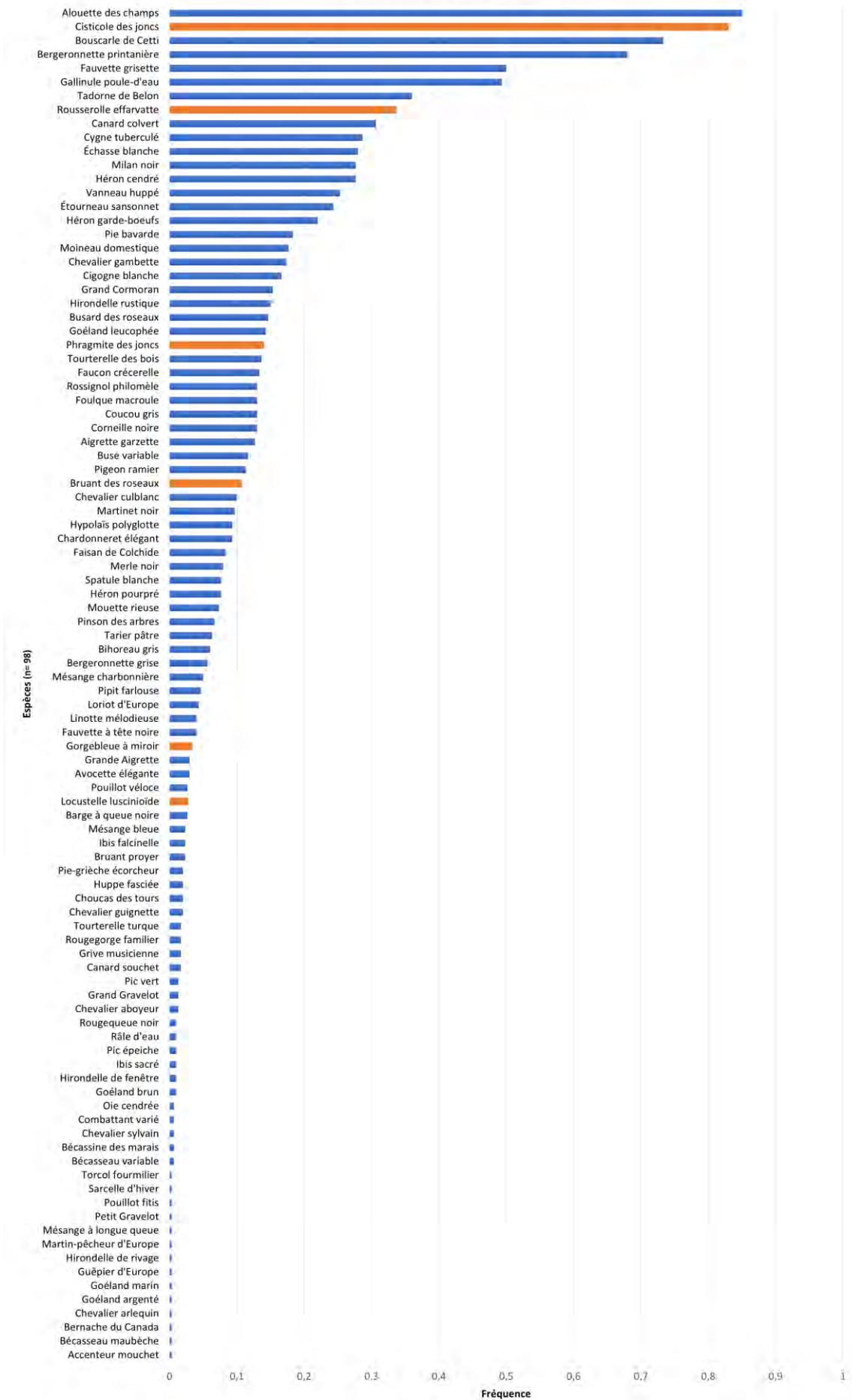


Figure 18 : Diagramme des fréquences d'occurrences observées par espèce en 2022 (En orange sont distinguées les 6 espèces du cortège paludicole)

Le tableau ci-dessous (Tableau 3) et les diagrammes associés (Figure 19) présentent les fréquences d'occurrence observées pour les espèces paludicoles sur les points « témoins », les points « curés » et au global. Les valeurs pour la Locustelle lusciniôïde et la Gorgebleue à miroir sont indiquées à titre d'information mais les tests du X^2 ne seront pas considérés comme pertinents pour ces deux espèces car leurs effectifs bruts recensés sont trop faibles pour permettre une comparaison entre les deux années (nombre de points occupés < 10).

Tableau 3 : Fréquences d'occurrence obtenues pour les 6 espèces du cortège paludicole, sur les points « témoins », sur les points « curés » et sur l'ensemble du plan d'échantillonnage.
Les valeurs du X^2 données testent par ligne la significativité de la différence entre 2021 et 2022.
(ns = non significatif; * = $p-v \leq 0,05$; ** = $p-v \leq 0,01$; *** = $p-v \leq 0,001$)

Fréquence d'occurrence	Points "témoins"			Points "curés"			Global		
	2021	2022	Test du X^2 : p-value	2021	2022	Test du X^2 : p-value	2021	2022	Test du X^2 : p-value
Cisticole des joncs	0,75	0,76	1 ns	0,76	0,87	0,009 **	0,76	0,83	0,03 *
Rousserolle effarvatte	0,49	0,36	0,09 ns	0,46	0,32	0,007 **	0,47	0,34	0,001 ***
Phragmite des joncs	0,12	0,11	1 ns	0,12	0,15	0,46 ns	0,12	0,14	0,63 ns
Bruant des roseaux	0,13	0,11	0,83 ns	0,11	0,1	0,87 ns	0,12	0,11	0,70 ns
Locustelle lusciniôïde	0,12	0,03	0,02 *	0,07	0,03	0,06 ns	0,09	0,03	0,002 **
Gorgebleue à miroir	0,02	0,01	1 ns	0,03	0,05	0,60 ns	0,03	0,03	0,31 ns

On constate une baisse de la fréquence d'occurrence de la Rousserolle effarvatte en 2022 pour chaque type de points. Cette baisse est significative sur les points « curés » (test du X^2 ; p-value = 0,007; Tableau 3) et sur la totalité du plan d'échantillonnage (test du X^2 ; p-value = 0,001; Tableau 3).

Pour la Cisticole des joncs, espèce très présente dans le marais de Brouage, elle affectionne les milieux ouverts avec une végétation herbacée dense. Sa fréquence d'occurrence est en hausse en 2022 sur les points « curés », avec une présence sur 76 % des points d'écoute « curés » réalisés en 2021 et sur 87 % des points d'écoute « curés » en 2022 (test du X^2 ; p-value = 0,009; Tableau 3). Sur les points « témoins » elle est présente en fréquence équivalente les deux années.

Concernant le Phragmite des joncs et le Bruant des roseaux, on ne distingue pas de variations significatives de leurs fréquences d'occurrence (test du X^2 ; p-value > 0,05).

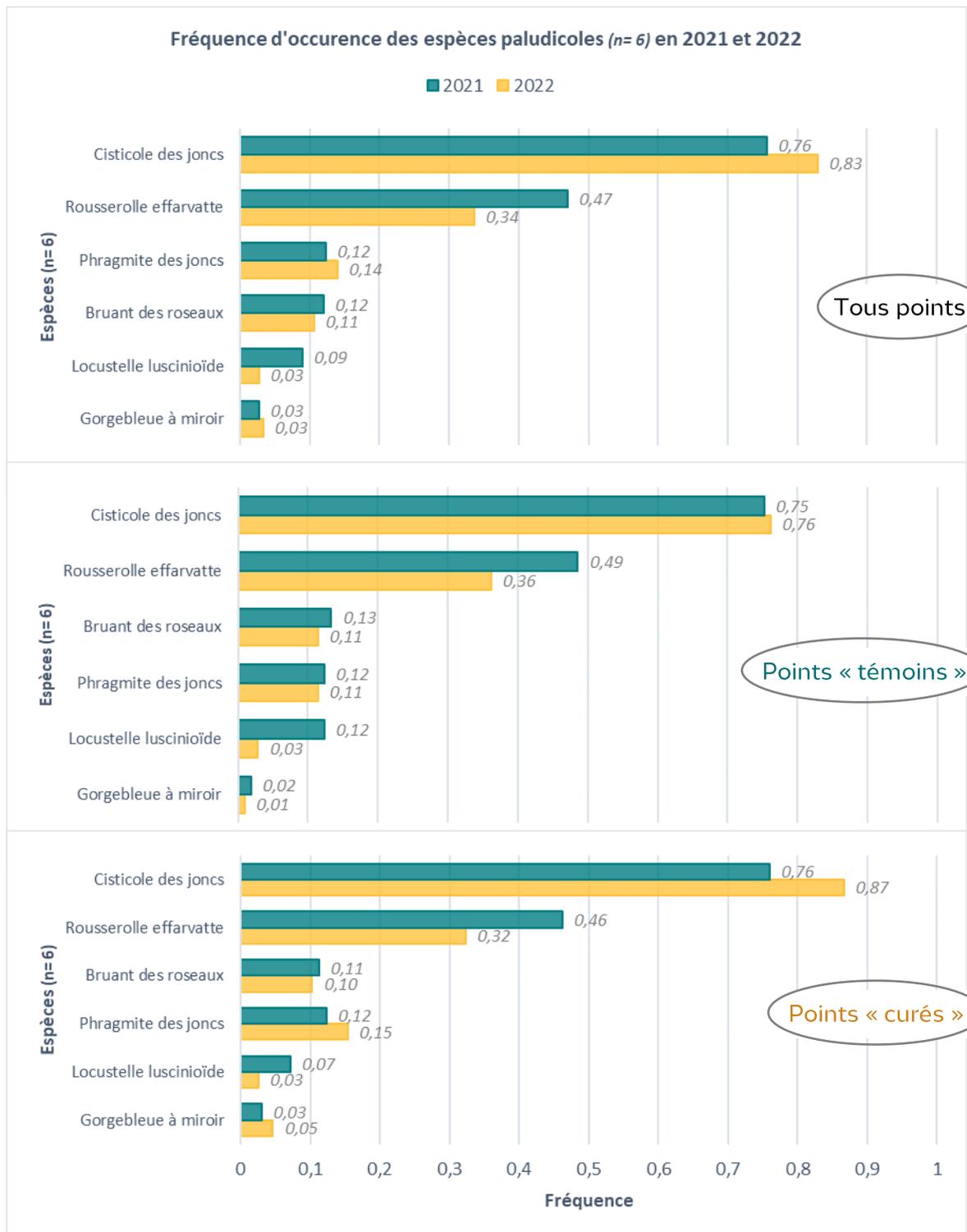


Figure 19 : Diagramme des fréquences d'occurrence pour les 6 espèces paludicoles en 2021 et 2022. Les fréquences sont calculées sur l'ensemble du plan d'échantillonnage, puis séparément sur les points « témoins » et sur les points « curés ».

Le tableau ci-dessous présente les fréquences d'occurrence observées pour les espèces associées aux végétations buissonnantes ou arbustives sur les points « témoins », les points « curés » et au global.

Tableau 4 : Fréquences d'occurrence obtenues pour les 8 espèces du cortège « buissonnant », sur les points « témoins », sur les points « curés » et sur l'ensemble du plan d'échantillonnage. Les valeurs du χ^2 données testent par ligne la significativité de la différence entre 2021 et 2022. (ns = non significatif ; * = $p-v \leq 0,05$; ** = $p-v \leq 0,01$; *** = $p-v \leq 0,001$)

Fréquence d'occurrence	Points "témoins"			Points "curés"			Global		
	2021	2022	Test du χ^2 : p-value	2021	2022	Test du χ^2 : p-value	2021	2022	Test du χ^2 : p-value
Bouscarle de Cetti	0,51	0,62	0,16 ns	0,68	0,75	0,01 **	0,62	0,73	0,004 **
Fauvette grisette	0,53	0,41	0,10 ns	0,6	0,55	0,36 ns	0,58	0,5	0,07 ns
Tourterelle des bois	0,16	0,09	0,14 ns	0,19	0,16	0,60 ns	0,18	0,14	0,18 ns
Rossignol philomèle	0,15	0,1	0,29 ns	0,17	0,15	0,58 ns	0,17	0,13	0,25 ns
Hypolaïs polyglotte	0,04	0,06	0,59 ns	0,14	0,11	0,54 ns	0,12	0,09	0,35 ns
Tarier pâtre	0,04	0,01	0,37 ns	0,04	0,04	0,07 ns	0,04	0,06	0,27 ns
Bruant proyer	0,01	0	1 ns	0,06	0,04	0,47 ns	0,04	0,02	0,35 ns
Pie-grièche écorcheur	0,02	0	0,48 ns	0,03	0,03	1 ns	0,03	0,02	0,79 ns

On constate une hausse de fréquence chez la Bouscarle de Cetti à la fois sur les points d'écoute « témoins » et les points « curés ». Cette hausse est significative sur les points « curés » (test du χ^2 ; p -value = 0,01 ; Tableau 4). La Bouscarle de Cetti fréquente la végétation basse à proximité de milieux humides, ses populations peuvent fluctuer annuellement selon la dureté du climat. Sensible aux hivers froids avec des vagues de gel prolongé, ses conditions augmentent le taux de mortalité. A l'inverse, des conditions plus clémentes en période hivernale, comme cela a été le cas en 2021-2022, favorise le maintien des populations locales et des effectifs nicheurs. La hausse de fréquence constatée en 2022 dans le marais de Brouage et sur tous les points d'écoute peut ainsi traduire une fluctuation interannuelle classique de l'espèce liée à sa dynamique de population.

Pour toutes les autres espèces, on ne constate pas de variation dans les fréquences d'occurrence qui soit significative, que ce soit sur les points « témoins » ou les points « curés » (test du χ^2 ; p -value > 0,05 ; Tableau 4).



Photo 9 : Tarier pâtre, mâle adulte ©A. Audevard

3.6. Répartition spatiale vis-à-vis du réseau hydraulique

Lors des points d'écoute EPS, tout individu contacté durant les 5 min d'inventaire est noté. Avec une distance de détection moyenne de 150 m, tout oiseau vu ou entendu dans ce rayon autour du point d'écoute sera donc répertorié. Avec ce protocole, nous comptabilisons à la fois les oiseaux présents dans les milieux rivulaires de bord de fossés mais aussi les oiseaux présents dans d'autres milieux, tels que des massifs plus denses de roselières localisés dans des jas ou des massifs arbustifs non associés au réseau de fossés.

Afin de caractériser le lien des espèces présentes sur site avec le réseau de fossés, le nombre de données saisies sur l'emprise du réseau hydraulique a été détaillé au regard du nombre total de données saisies. Le tableau suivant (Tableau 5) présente ces effectifs, détaillés en fonction des cortèges d'espèces étudiés, par année et par type de point.

La Cisticole des joncs, classée parmi les paludicoles, peut fréquemment utiliser d'autres micro-habitats comme des patchs herbacés denses ou des massifs de joncs dans des dépressions humides. Pour tenir compte des espèces les plus strictement associées aux roselières et végétations rivulaires, le groupe des paludicoles a été affiné pour cette analyse en excluant la Cisticole des joncs.

Tableau 5 : Nombre de données localisées sur l'emprise du réseau hydraulique par rapport au nombre total de données saisies et pourcentages associés. Les valeurs du X^2 données testent par ligne la significativité de la différence entre 2021 et 2022. (ns = non significatif ; * = $p-v \leq 0,05$; ** = $p-v \leq 0,01$; *** = $p-v \leq 0,001$)
(L'emprise du réseau hydraulique a été définie avec une zone tampon de 15 m de part et d'autre des fossés)

		2021			2022			Test du X^2 : p-value
		Nbr total de données sur les points "témoins"	Nbre de données sur le réseau hydraulique	%	Nbr total de données sur les points "témoins"	Nbre de données sur le réseau hydraulique	%	
Points "témoins"	Toutes espèces cibles	462	311	67%	488	325	67%	0,87 ns
	Paludicoles	222	130	59%	212	119	56%	0,68 ns
	Paludicoles hors Cisticole des joncs	119	79	66%	89	53	60%	0,39 ns
	« Buissonnants »	202	151	75%	200	155	78%	0,6 ns
	Oiseaux d'eau	38	30	79%	76	51	67%	0,27 ns
		Nbr total de données sur les points "curés"	Nbre de données sur le réseau hydraulique "curé"	%	Nbr total de données sur les points "curés"	Nbre de données sur le réseau hydraulique "curé"	%	
Points "curés"	Toutes espèces cibles	1053	250	24%	1160	227	20%	0,02 *
	Paludicoles	449	76	17%	433	48	11%	0,01 **
	Paludicoles hors Cisticole des joncs	239	37	16%	182	14	8%	0,02 *
	« Buissonnants »	539	155	29%	576	135	23%	0,05 *
	Oiseaux d'eau	65	19	29%	151	44	29%	1 ns

Sur les points « témoins », on constate que 67 % des données d'espèces cibles sont saisies sur l'emprise du réseau hydraulique. Ce ratio reste identique en 2021 et 2022. Plus en détail par cortège, le pourcentage de données sur le réseau hydraulique varie de 59 % pour les paludicoles à 79 % pour les oiseaux d'eau en 2021. En 2022, ce pourcentage varie de 56 % pour les paludicoles à 78 % pour les « buissonnants » en 2022. Le nombre de données localisées sur l'emprise du réseau hydraulique baisse en 2022 pour le cortège des paludicoles et des oiseaux d'eau sur les points « témoins » (Tableau 5). Toutefois, aucune de ces différences annuelles constatées sur les points « témoins » n'est significative (*test du X^2 ; p-value > 0,05*; Tableau 5). **Ainsi, à partir des points d'écoute « témoins » réalisés à proximité de linéaires de fossés non impactés par le curage, on ne détecte pas de changement significatif dans la répartition spatiale des espèces cibles vis-à-vis du réseau hydraulique.**

Sur les points « curés », il y a eu en 2021 24 % des données d'espèces cibles qui étaient localisées sur l'emprise du réseau hydraulique faisant l'objet de curage. Par cortège, ce pourcentage varie de 17 % pour le cortège paludicole à 29 % pour les « buissonnants » et les oiseaux d'eau (Tableau 5). **On constate en 2022 une baisse significative du nombre de données localisées sur l'emprise du réseau hydraulique curé pour l'ensemble des cortèges étudiés à l'exception des oiseaux d'eau** (*test du X^2 ; p-values < 0,05*; Tableau 5). Pour le cortège des paludicoles le pourcentage de données présentes sur le réseau hydraulique curé passe de 17 à 11 %, et de 16 à 8 % lorsqu'on exclut la Cisticoles des joncs. Pour le cortège des « buissonnants », ce pourcentage passe de 29 à 23 % de données localisées sur le réseau hydraulique curé.

Au paragraphe précédent traitant des fréquences d'occurrence, nous avons vu que la Rousserolle effarvate présente une baisse de sa fréquence d'occurrence sur les points curés. Afin d'approfondir nos résultats, nous avons regardé le nombre de données localisées sur le réseau hydraulique uniquement pour cette espèce. Notons aussi qu'il s'agit d'une espèce de paludicole assez fréquente dans le marais de Brouage et lors de nos inventaires, le nombre de données de Rousserolle effarvate permet cette analyse spécifique robuste. Le nombre de données de Rousserolle effarvate présentes sur le réseau hydraulique sur les points « témoins » en 2021 est de 53 % par rapport au nombre de données total de cette espèce. En 2022, il n'y a pas de changement significatif, avec 52 % des données des points « témoins » localisées sur le réseau hydraulique. Sur les points « curés », 20% des données de Rousserolle effarvate sont localisées sur le réseau hydraulique curé en 2021, contre seulement 9 % en 2022. **Cette baisse de 20 à 9 % des données de Rousserolle effarvate localisées sur le réseau hydraulique curé est significative** (*test du X^2 ; p-value = 0,02*).

L'analyse cartographique des données saisies montre une redistribution spatiale des oiseaux vis-à-vis du réseau hydraulique sur les secteurs curés. Les linéaires de fossés ayant fait l'objet du curage en 2021 accueillent au relatif moins d'oiseaux en 2022 après la réalisation des travaux qu'avant. A l'inverse, dans les secteurs non impactés par le curage (points « témoins »), la répartition des oiseaux contactés par rapport au réseau hydraulique reste similaire lors des deux années de suivis.

3.7. Analyse détaillée pour le cortège des espèces paludicoles

Pour chaque espèce paludicole cible de cette étude une fiche spécifique est présentée ci-dessous.

Rousserolle effarvatte



Photo 10 : Rousserolle effarvatte. Cet insectivore construit son nid dans les roselières ©D. Maucouard

➤ [Statut de conservation et tendances :](#)

La Rousserolle effarvatte, *Acrocephalus scirpaceus*, est une espèce **protégée**. Sur les listes rouges UICN des oiseaux nicheurs elle est classée en **Préoccupation mineure** en France et **Vulnérable** en Poitou-Charentes. Après un déclin noté au cours des années 1990, on constate que les effectifs nationaux sont en augmentation (+33% entre 2001 et 2019, *Fontaine et al., 2020*).

➤ [Répartition et écologie :](#)

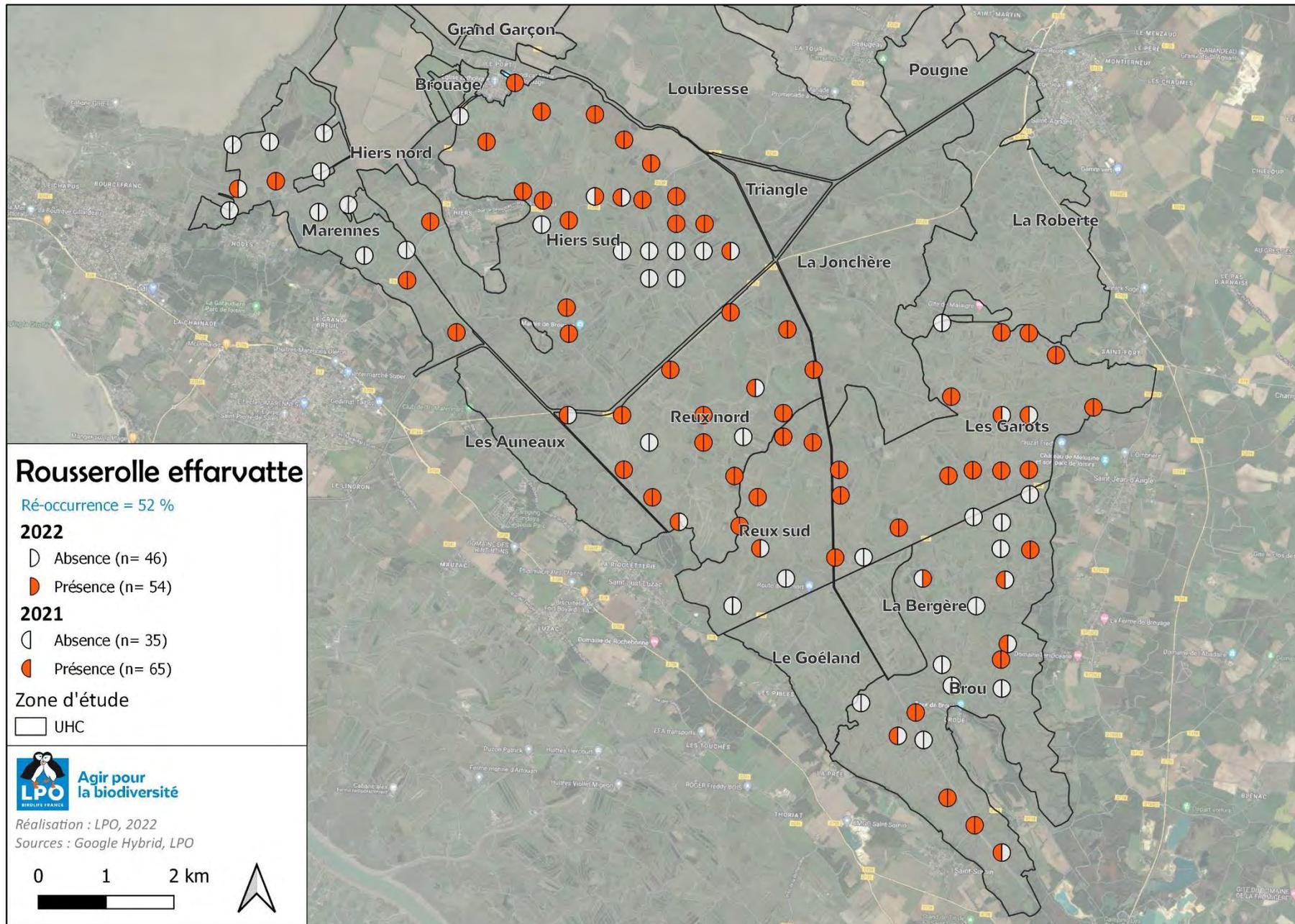
Ce passereau paludicole est typique des roselières à *Phragmites australis* qui constituent son habitat de prédilection, y compris celles de petite taille, en zone de marais ou bien le long des cours d'eau. Elle colonise parfois la végétation herbacée ou buissonnante voisine des roselières. Migratrice transsaharienne, la Rousserolle effarvatte est présente en Europe d'avril à octobre. Elle se nourrit principalement d'insectes et construit un nid original, accroché aux tiges de roseaux.

➤ [Sur le site d'étude :](#)

L'abondance maximale recensée sur les points d'écoute est de 85 individus lors du troisième passage en 2021 et 88 individus lors du troisième passage en 2022.

La fréquence sur l'ensemble des points d'écoute sur les trois passages est de 0,47 en 2021 et 0,34 en 2022. De même la fréquence est de 0,49 en 2021 et de 0,36 en 2022 sur les points témoins et de 0,46 en 2021 et de 0,32 en 2022 sur les points curés. **Cette baisse de fréquence est significative sur les points « curés » (Tableau 3), et s'accompagne d'une diminution du nombre d'individus contactés localisés sur le réseau hydraulique curé (voir partie 3.6).**

Elle est présente sur 65% des points d'écoute en 2021 et sur 54% des points en 2022, avec un pourcentage de ré-occurrence de 52%. Elle reste présente de façon équivalente sur les points témoins et curés lors des deux années de suivi (65% en 2021 et 54% en 2022).



Carte 5 : Carte de répartition de la Rousserolle effarvate en 2021 et 2022 sur les 100 points d'écoute réalisés dans le marais de Brouage. Le pourcentage de ré-occurrence indiqué correspond au nombre de points où l'espèce était présente à la fois en 2021 et 2022.

Phragmite des joncs



Photo 11 : Migrateur transsaharien, le Phragmite des joncs revient de ses quartiers d'hivernage à partir d'avril ©A. Audevard

➤ Statut de conservation et tendances :

Le Phragmite des joncs, *Acrocephalus schoenobaenus*, est une espèce **protégée**. Sur les listes rouges UICN des oiseaux nicheurs l'espèce est considérée en **Préoccupation mineure** au niveau national et **Vulnérable** à l'échelle du Poitou-Charentes. L'espèce n'est pas répartie de manière homogène à l'échelle du département de la Charente-Maritime et les tendances semblent plutôt à la baisse, comme au niveau national où ses effectifs nicheurs subissent un déclin de -18% en 2001 et 2019 (Jomat & Barret, 2022 ; Fontaine et al., 2020).

➤ Répartition et écologie :

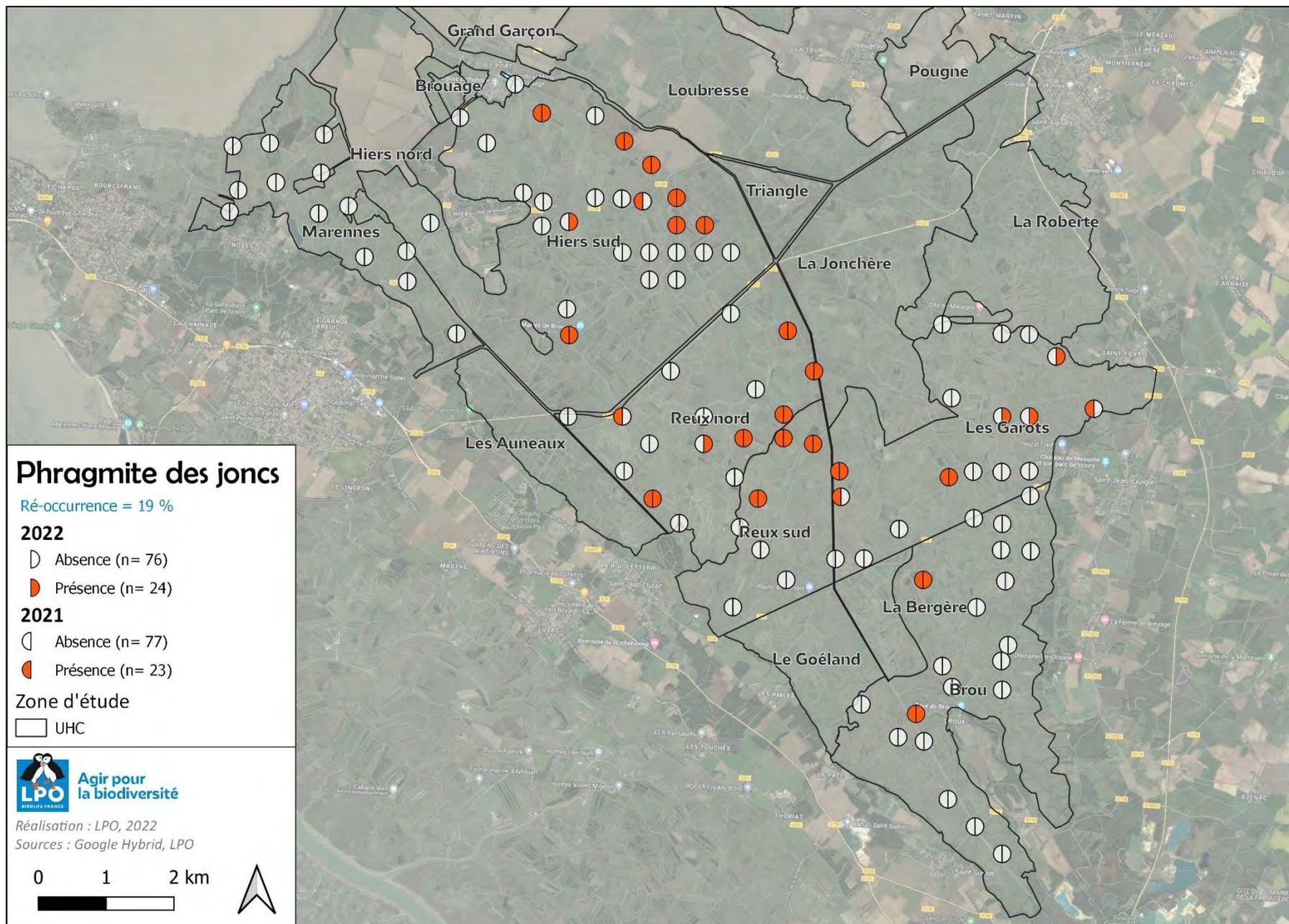
Le Phragmite des joncs est un migrateur transsaharien qui est présent sur le territoire métropolitain de mi-mars à mi-septembre. Il apprécie les zones parsemées de buissons, de roseaux ou de massettes dans les marais ou les ceintures de végétation des eaux stagnantes. Il se nourrit essentiellement d'insectes et d'araignées.

➤ Sur le site d'étude :

L'abondance maximale recensée sur les points d'écoute est de 19 individus lors du deuxième passage en 2021 et 33 individus lors du premier passage en 2022. Le premier passage de 2022 ayant été réalisé en avril lorsque des flux d'individus migrants sont encore présents, ceci peut entraîner une hausse des effectifs liée à des individus non reproducteurs. En excluant le premier passage, l'abondance maximale est de 16 individus recensés lors du deuxième passage.

La fréquence sur l'ensemble des points d'écoute sur les trois passages est de 0,12 en 2021 et 0,14 en 2022. De même la fréquence est de 0,12 en 2021 et de 0,11 en 2022 sur les points témoins et de 0,12 en 2021 et de 0,15 en 2022 sur les points curés. Il n'y a pas de changement significatif de la fréquence d'occurrence du Phragmite des joncs en 2022 après travaux (Tableau 3).

Elle est présente sur 23% des points d'écoute en 2021 et sur 24% des points en 2022, avec un pourcentage de ré-occurrence de 19%. Sur les points témoins, il est présent à 23% en 2021 et à 20% en 2022. Sur les points curés il est présent à 23% en 2021 et à 26 % en 2022.



Carte 6 : Carte de répartition du Phragmite des joncs en 2021 et 2022 sur les 100 points d'écoute réalisés dans le marais de Brouage. Le pourcentage de ré-occurrence indiqué correspond au nombre de points où l'espèce était présente à la fois en 2021 et 2022.

Bruant des roseaux



Photo 12 : Le Bruant des roseaux peut former des dortoirs de plusieurs milliers d'individus en hiver ©C. Champarnaud

➤ [Statut de conservation et tendances :](#)

Le Bruant des roseaux, *Emberiza schoeniclus*, est une espèce **protégée**, classée **En danger** selon l'UICN sur les listes rouges des oiseaux nicheurs au niveau national et en Poitou-Charentes. Les populations de Bruant des roseaux sont en déclin depuis les années 1970 en France ainsi qu'en Europe. Il continue de subir un fort déclin sur le territoire national depuis 10 ans (-50% entre 2001 et 2019 ; Fontaine *et al.*, 2020).

➤ [Répartition et écologie :](#)

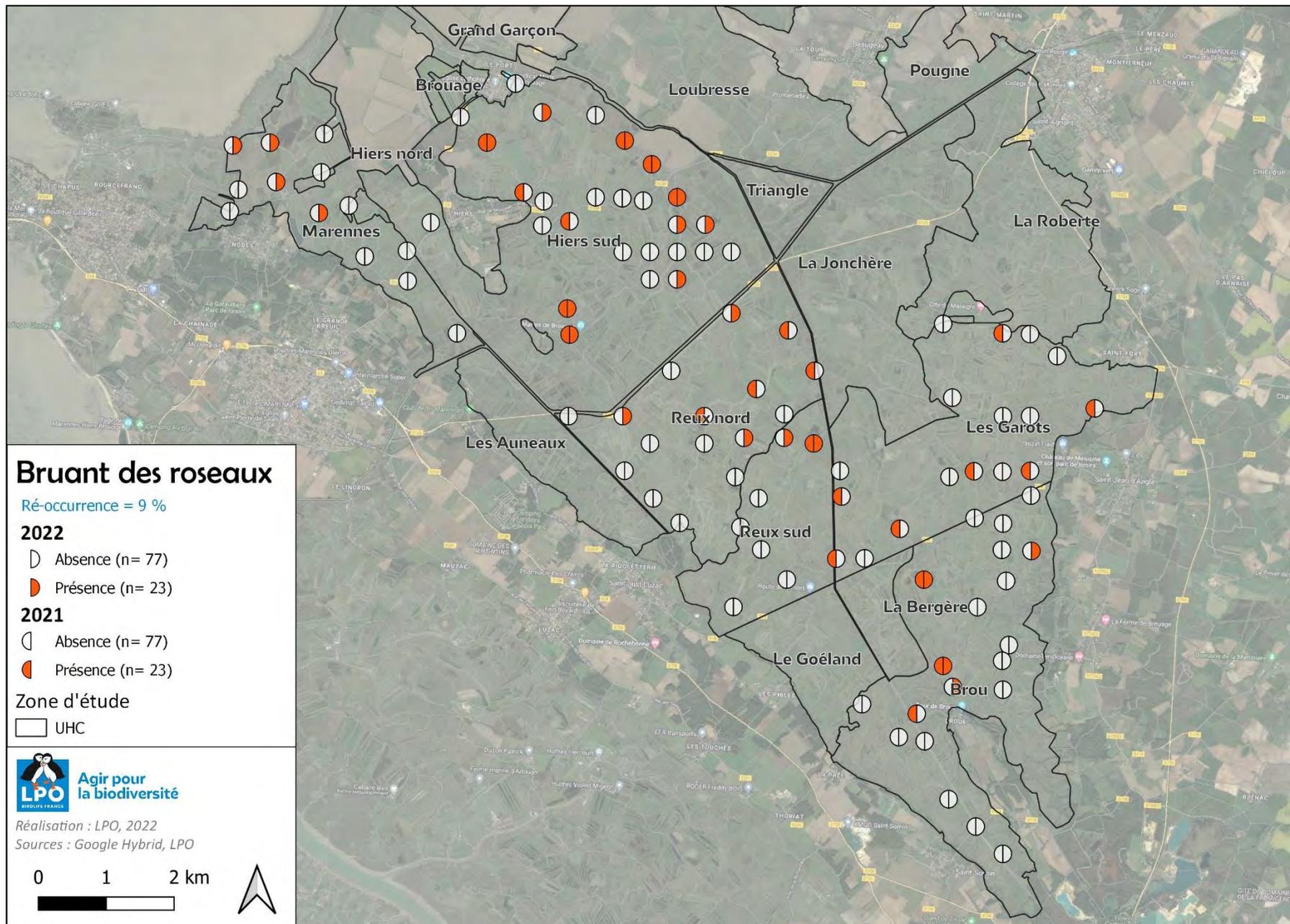
Le Bruant des roseaux est bien répandu dans toute l'Europe. Il affectionne les zones humides, même de petite superficie. On le retrouve principalement dans les roselières le long des étangs, des cours d'eau, des tourbières et des marais littoraux. Il fréquente aussi la végétation broussailleuse en bordure de zones humides. Le Bruant des roseaux est granivore. En période de nidification, il consomme aussi des insectes, chenilles et araignées. En hiver il peut former des groupes denses, en alimentation sur les chaumes et former des dortoirs de quelques dizaines à plusieurs milliers d'individus dans la végétation.

➤ [Sur le site d'étude :](#)

L'abondance maximale recensée sur les points d'écoute est de 14 individus lors du premier passage en 2021 et 15 individus lors du troisième passage en 2022.

La fréquence sur l'ensemble des points d'écoute sur les trois passages est de 0,12 en 2021 et 0,11 en 2022. De même la fréquence est de 0,13 en 2021 et de 0,11 en 2022 sur les points témoins et de 0,11 en 2021 et de 0,10 en 2022 sur les points curés. Il n'y a pas de changement significatif de la fréquence d'occurrence du Bruant des roseaux en 2022 après travaux (Tableau 3).

Elle est présente sur 23% des points d'écoute en 2021 et sur 23% des points en 2022, avec un pourcentage de ré-occurrence de 9%. Il reste présent de façon équivalente sur les points témoins et curés lors des deux années de suivi (23% en 2021 et 23% en 2022).



Carte 7 : Carte de répartition du Bruant des roseaux en 2021 et 2022 sur les 100 points d'écoute réalisés dans le marais de Brouage. Le pourcentage de ré-occurrence indiqué correspond au nombre de points où l'espèce était présente à la fois en 2021 et 2022.

Gorgebleue à miroir



Photo 13 : La Gorgebleue à miroir apprécie les milieux humides ©A. Audevard

➤ [Statut de conservation et tendances :](#)

La Gorgebleue à miroir, *Luscinia svecica*, est une espèce **protégée** et déterminante ZNIEFF en région Poitou-Charentes. Elle est inscrite à l'**Annexe I de la Directive Oiseaux** et considérée sur les listes rouges des oiseaux nicheurs en **préoccupation mineure** par l'UICN en France et **Quasi menacée** en Poitou-Charentes. Les effectifs de la population française sont en déclin (-3,5% entre 2001 et 2019) (Fontaine *et al.*, 2020).

➤ [Répartition et écologie :](#)

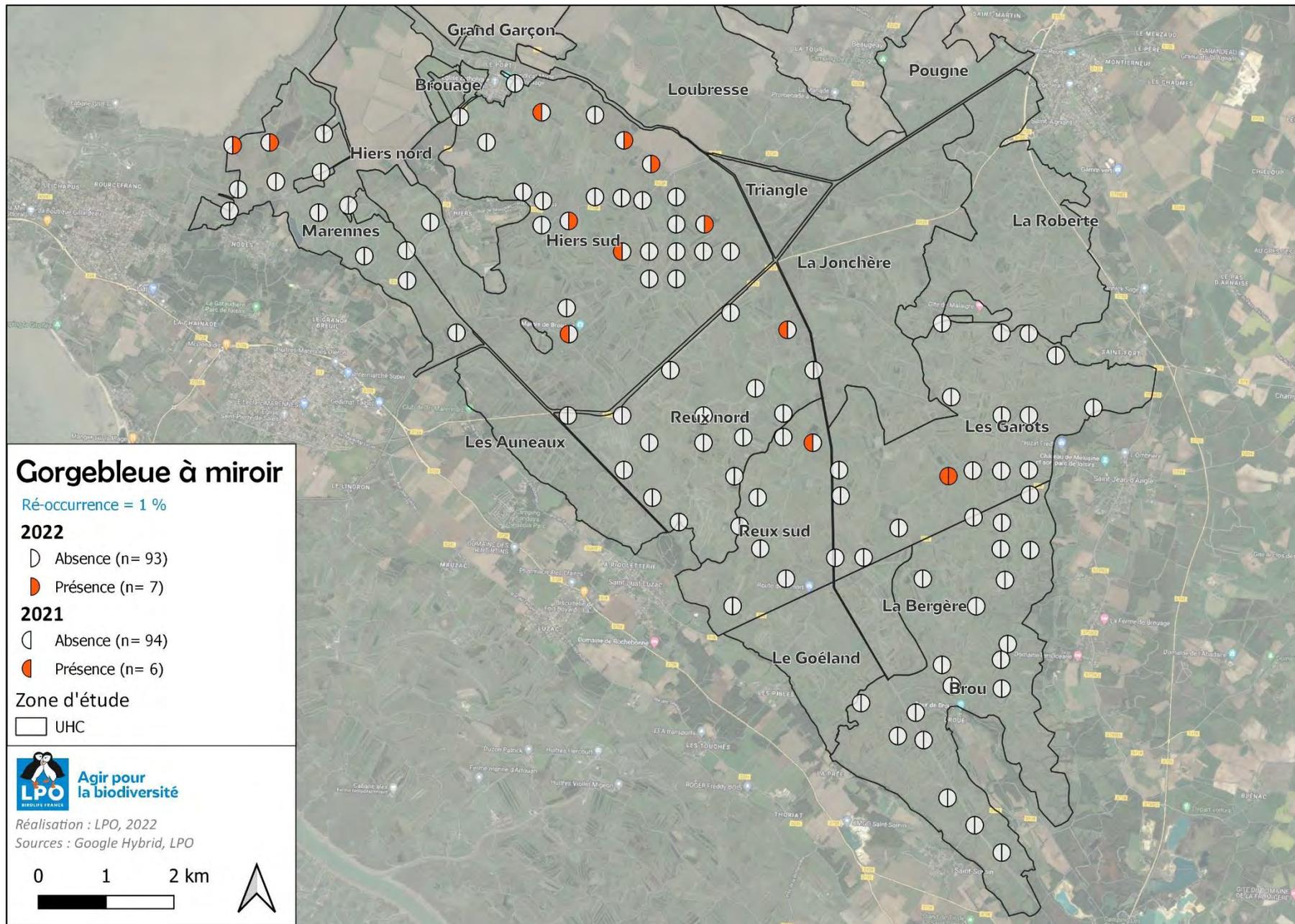
Elle est caractéristique des milieux humides en évolution. La sous espèce nantaise *nammetum* endémique de la France niche sur la façade Atlantique entre le Finistère et la Gironde. Elle affectionne les schorres, les prairies humides sous influence marine, les marais salants, les canaux bordés de tamaris et de préférence les digues bordant les bassins salants en cours d'exploitation ou abandonnés. Depuis une vingtaine d'année, elle est en expansion et a colonisé les plaines agricoles dans l'Ouest, notamment les cultures de colza. Elle est insectivore.

➤ [Sur le site d'étude :](#)

L'espèce est peu présente sur le site d'étude avec une abondance maximale recensée sur les points d'écoute est de 5 individus lors du premier passage en 2021 de même qu'en 2022.

La fréquence sur l'ensemble des points d'écoute sur les trois passages est de 0.03 en 2021 et en 2022. De même la fréquence est de 0.02 en 2021 et de 0.01 en 2022 sur les points témoins et de 0.03 en 2021 et de 0.05 en 2022 sur les points curés.

Elle est présente sur 6% des points d'écoute en 2021 et sur 7% des points en 2022, avec un pourcentage de ré-occurrence de 1%. Malgré cette faible ré-occurrence, elle reste présente de façon équivalente sur les points témoins (3%) et curés (8%) lors des deux années de suivi.



Carte 8 : Carte de répartition de la Gorgebleue à miroir en 2021 et 2022 sur les 100 points d'écoute réalisés dans le marais de Brouage. Le pourcentage de ré-occurrence indiqué correspond au nombre de points où l'espèce était présente à la fois en 2021 et 2022.

Cisticole des joncs



Photo 14 : La Cisticole des joncs se perche sur la végétation herbacée ©C. Girardeau

➤ Statut de conservation et tendances :

La Cisticole des joncs, *Cisticola juncidis*, est une espèce **protégée**. Depuis 2001, la population nicheuse en France est en déclin (-8,6% entre 2001 et 2019) (Fontaine *et al.*, 2020). Sur les listes rouges UICN des oiseaux nicheurs, l'espèce est classée **Vulnérable** au niveau national et **Quasi menacée** en Poitou-Charentes.

➤ Répartition et écologie :

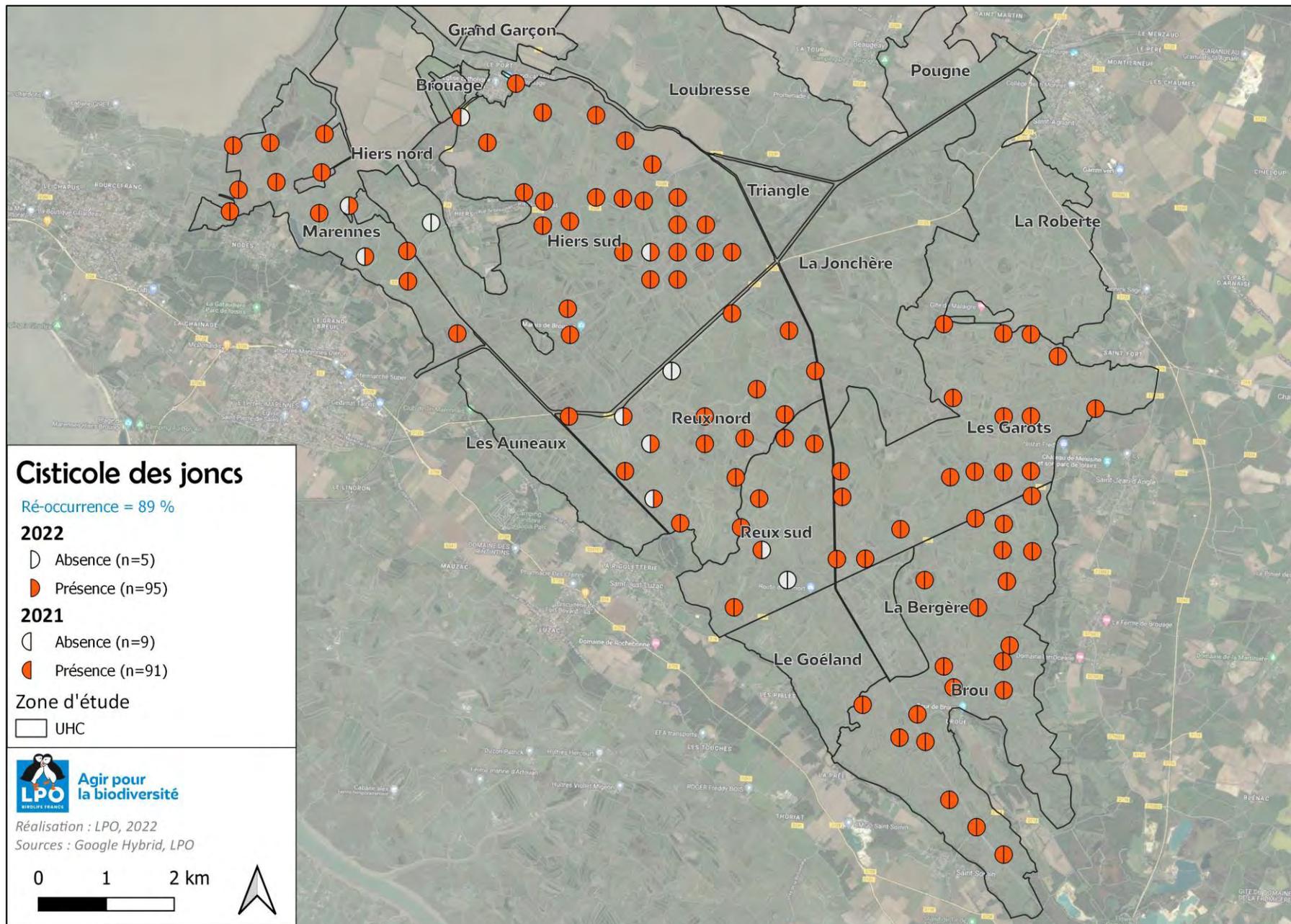
Elle occupe l'Europe, l'Afrique, l'Asie et l'Australie. En France, on la retrouve dans les régions au climat méditerranéen, océanique et semi-océanique. C'est une espèce sédentaire, et sa dispersion est limitée par les conditions hivernales défavorables. Elle est sensible au froid et aux périodes de gel. La Cisticole des joncs est présente dans les milieux humides (marais, prairies humides, bords de fossés), bien qu'on la trouve aussi plus éloignée de l'eau dans les terrains en friche ou dans les prairies. Elle fréquente les milieux ouverts à strate herbacée lâche, souvent des graminées, où elle trouve sa nourriture. Elle niche dans les friches, les prairies, landes, scirpaies, phragmitaies, cultures sèches, rizières... Elle installe son nid sur les fines tiges herbacées. Elle se nourrit principalement d'insectes et autres petits arthropodes.

➤ Sur le site d'étude :

L'abondance maximale recensée sur les points d'écoute est de 121 individus lors du troisième passage en 2021 et de 135 individus lors du deuxième passage en 2022.

La fréquence sur l'ensemble des points d'écoute sur les trois passages de 0,76 en 2021 et de 0,83 en 2022. De même la fréquence est de 0,75 en 2021 et de 0,76 en 2022 sur les points témoins et de 0,76 en 2021 et de 0,87 en 2022 sur les points curés.

L'espèce est quasi omniprésente sur le site d'étude avec une présence sur 91% des points d'écoute en 2021 et sur 95% des points en 2022, avec un pourcentage de ré-occurrence de 89%. Sur les points témoins, elle est présente à 91% en 2021 et à 89% en 2022. Sur les points curés elle est présente à 91% en 2021 et à 98% en 2022.



Carte 9 : Carte de répartition de la Cisticole des joncs en 2021 et 2022 sur les 100 points d'écoute réalisés dans le marais de Brouage. Le pourcentage de ré-occurrence indiqué correspond au nombre de points où l'espèce était présente à la fois en 2021 et 2022.

Locustelle lusciniöide



Photo 15 : Locustelle lusciniöide ©C. Mercier

➤ Statut de conservation et tendances :

La Locustelle lusciniöide, *Locustella luscinioides*, est une espèce **protégée** qui est en constante régression et son statut de conservation reste préoccupant, ce qui a justifié son classement **En danger** aux niveaux national et en Poitou-Charentes sur les listes rouges des oiseaux nicheurs. La répartition de l'espèce est fragmentée à l'échelle nationale ainsi qu'en Charente-Maritime.

➤ Répartition et écologie :

Elle est associée aux zones humides riches en roselières hautes et denses. Insectivore stricte, la Locustelle lusciniöide se nourrit d'imagos et de larves d'arthropodes qu'elle recherche au pied de la végétation dense ou dans des secteurs dégagés au sol ou à la surface de l'eau.

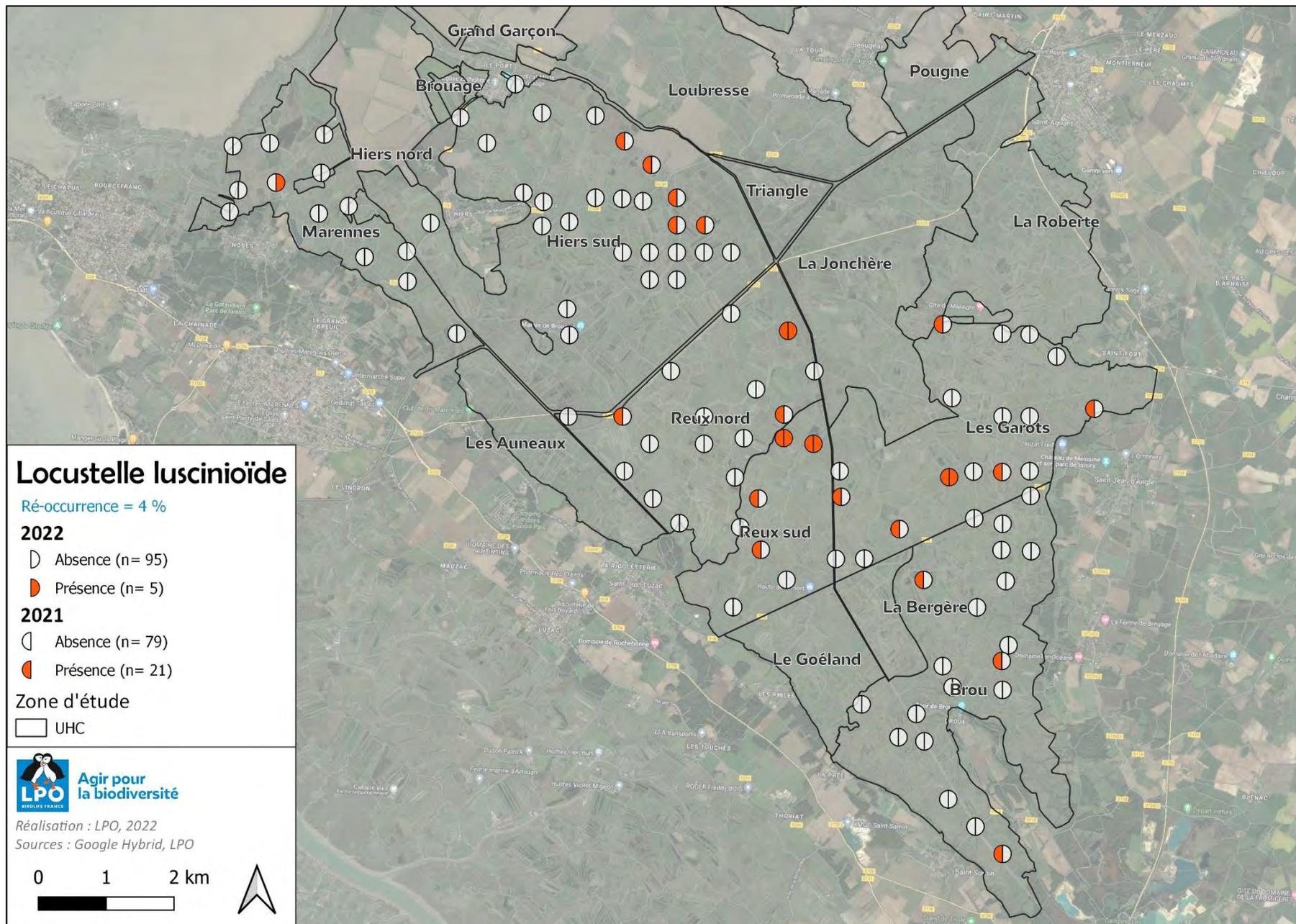
➤ Sur le site d'étude :

L'abondance maximale recensée sur les points d'écoute est de 14 individus lors du deuxième passage en 2021 et de 3 individus lors au premier et troisième passage en 2022.

La fréquence sur l'ensemble des points d'écoute sur les trois passages de 0,09 en 2021 et de 0,03 en 2022. De même la fréquence est de 0,12 en 2021 et de 0,03 en 2022 sur les points témoins et de 0,07 en 2021 et de 0,03 en 2022 sur les points curés.

Elle est présente sur 21% des points d'écoute en 2021 et sur 5% des points en 2022, avec un pourcentage de ré-occurrence de 4%. Sur les points témoins, elle est présente à 26% en 2021 et à 6% en 2022. Sur les points curés elle est présente à 18% en 2021 et à 5% en 2022.

On constate chez la Locustelle lusciniöide une baisse importante de fréquence et de répartition, passant de 21 % à 5% de points occupés entre 2021 et 2022. Cette baisse d'occurrence s'observe à la fois sur les points « témoins » et sur les points « curés ». Une recherche bibliographique sur la base données Faune-France montre une baisse globale des effectifs nicheurs (probables ou certains) sur l'ensemble du territoire national en 2022. Les années 2019 et 2020 ont été deux bonnes années pour l'espèce (entre 855 et 887 données saisies sur toute la France), suivi d'un pic d'abondance en 2021 (1046 données). En 2022, le nombre de données saisies à l'échelle nationale en période de reproduction retombe à 707. Ces chiffres témoignent d'une diminution globale des effectifs nicheurs en 2022 à l'échelle de la France, diminution qui pourrait expliquer celle observée dans le marais de Brouage au cours de cette étude.



Carte 10 : Carte de répartition de la Locustelle luscinioides en 2021 et 2022 sur les 100 points d'écoute réalisés dans le marais de Brouage. Le pourcentage de ré-occurrence indiqué correspond au nombre de points où l'espèce était présente à la fois en 2021 et 2022.

4. Synthèse des indicateurs biologiques

Tableau 6 : Tableau de synthèse des indicateurs biologiques mesurés
En rouge sont indiquées les différences significatives observées entre 2021 et 2022

Indicateurs biologiques		Points témoins		Points curés		Global	
		2021	2022	2021	2022	2021	2022
Richesse spécifique totale Tableau 1		72 espèces	81 espèces	80 espèces	94 espèces	83 espèces	98 espèces
Valeurs par point d'écoute	Richesse spécifique cumulée moyenne Espèces cibles Figure 8	5,91 (± 2,02) espèces	5,2 (± 1,95) espèces	6,11 (± 2,02) espèces	6,51 (± 1,86) espèces	6,04 (± 2,01) espèces	6,05 (± 1,99) espèces
	Richesse spécifique cumulée moyenne Espèces paludicoles Figure 9	2,31 (± 1,41) espèces	1,94 (± 1,26) espèces	2,28 (± 1,39) espèces	2,15 (± 1,21) espèces	2,29 (± 1,39) espèces	2,084 (± 1,22) espèces
	Abondance maximale cumulée Espèces cibles Figure 15	8,49 (± 3,49) individus	8,43 (± 3,69) individus	9,89 (± 3,51) individus	10,94 (± 3,92) individus		
	Abondance maximale cumulée Espèces paludicoles Figure 16	3,46 (± 2,51) individus	3,37 (± 2,47) individus	3,89 (± 2,48) individus	3,82 (± 2,87) individus		
% de données sur le réseau hydraulique Espèces cibles Tableau 5		67 %	67 %	24 %	20 %		
% de données sur le réseau hydraulique Espèces paludicoles Tableau 5		59 %	56 %	17 %	11 %		
% de données sur le réseau hydraulique Espèces du cortège « Buissonnants » Tableau 5		75 %	78 %	29 %	23 %		

- Fréquence des espèces cibles sur les points « témoins » et « curés » (voir fiches espèces paludicoles et Tableau 3 & Tableau 4)
- Pourcentage de points occupés pour les espèces paludicoles cibles (voir fiches espèces paludicoles).

5. Discussion et conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts du curage sur l'avifaune nicheuse, en s'intéressant plus particulièrement aux espèces associées aux habitats rivulaires des fossés. Pour cela, 7 espèces de passereaux paludicoles, 8 espèces spécialistes des lisières buissonnantes ou arbustives et 3 espèces oiseaux d'eau ont été définies comme espèces indicatrices pour cette étude. Des inventaires sur 100 points d'écoute ont été réalisés avant le début des travaux en 2021 afin de définir un état initial des cortèges présents localement. Les mêmes inventaires ont été répétés en 2022, année suivant la réalisation des travaux de curage, en conservant des points témoins (sans travaux les 2 années).

▪ Richesse spécifique

À l'exception de la Rousserolle turdoïde, toutes les espèces considérées comme espèces cibles dans cette étude (n = 18 espèces) ont été recensées avant et après travaux. La richesse spécifique cumulée par point d'écoute reste identique lors des deux années du suivi. Il y a en moyenne six espèces présentes par point d'écoute, tous points confondus. La richesse spécifique cumulée est légèrement supérieure sur les points « curés » que sur les points « témoins » lors de la première année des inventaires. **On ne constate pas de changement en 2022 après la réalisation des travaux sur la richesse spécifique cumulée des espèces cibles, à la fois pour les points « témoins » et les points « curés ».** Concernant plus spécifiquement les espèces paludicoles inféodées aux roselières, on recense en moyenne un peu plus de deux espèces par points d'écoute, quel que soit le type de point considéré. On observe une légère baisse de cette richesse spécifique en 2022 sur les points « curés » et sur les points « témoins », après travaux qui n'est pas statistiquement significative.

▪ Abondance

Concernant les abondances maximales cumulées, il y a en moyenne 10 individus appartenant aux espèces cibles par point d'écoute sur les points « curés », et environ 8,5 individus par point d'écoute sur les points « témoins ». Ces abondances sont identiques en 2021 et 2022 : **à partir des inventaires réalisés on ne détecte pas de changement significatif des effectifs d'espèces cibles présents sur les points d'écoute.** En ne tenant compte que des espèces paludicoles, on recense en moyenne entre 3 et 4 individus présents au maximum par point d'écoute, sans changement entre les deux années de suivis.

Ces deux indicateurs biologiques, richesse cumulée et abondance maximale cumulée par point d'écoute, nous permettent de décrire les cortèges avifaunistiques à l'échelle du marais de Brouage, avec la distinction entre zone curée et zone témoin non impactée par les travaux. À partir de ces indicateurs, on ne détecte pas d'effet du curage sur l'avifaune nicheuse. Nous retrouvons en 2022 après la réalisation des travaux une richesse spécifique et des abondances pour les espèces cibles similaires à celles obtenues lors des inventaires réalisés en 2021 avant le curage. Les travaux de restauration du réseau hydraulique dans le marais de Brouage ne semblent pas influencer les densités d'espèces et d'individus observés dans le marais de Brouage.

▪ Fréquence

L'analyse des fréquences d'occurrence nous montre une certaine stabilité des fréquences d'occurrence pour les espèces paludicoles et les espèces des milieux buissonnants. La Cisticole des joncs et la Bouscarle de Cetti sont les deux seules espèces pour lesquelles on observe une hausse de fréquence sur l'ensemble des points d'écoute. Pour ces deux espèces sédentaires, les dynamiques de populations présentent des fluctuations régulières liées notamment aux conditions climatiques clémentes en période hivernale. Ces fluctuations sont classiquement observées indépendamment d'autres facteurs environnementaux. On note chez la Locustelle lusciniôïde une baisse importante des

effectifs nicheurs localement, avec un passage de 21 % à 5 % des points d'écoute occupés par l'espèce. Cette baisse d'effectifs s'observe à la fois sur les points « curés » et les points « témoins », où elle reste contactée en fréquence équivalente. L'évolution ainsi observée ne semble pas être attribuable aux travaux de curage, mais pourrait refléter la dynamique de population globale de l'espèce. En effet, on observe en 2022, d'après les données de sciences participatives, une diminution générale des effectifs nicheurs de Locustelle luscinoïde à l'échelle nationale.

Il faut souligner **le cas de la Rousserolle effarvatte, espèce qui semble être la plus impactée par le curage lors de cette première année de suivi post-travaux. On note une baisse de la fréquence d'occurrence en 2022, baisse qui est significative sur les points « curés ». Sa fréquence était de 0,46 en 2021 sur les points « curés », puis passe à une fréquence de 0,32 en 2022.** Pour les autres espèces étudiées, les fréquences d'occurrence sont stables avant et après travaux.

- **Analyse spatiale à l'échelle du réseau hydraulique curé**

L'analyse spatiale des données récoltées lors des inventaires par rapport au réseau hydraulique (en prenant une bande tampon de 15 m de part et d'autre du fossé) apportent des résultats à une échelle d'étude plus précise. Si peu de différences sont mesurées à l'échelle du marais de Brouage en termes de composition, abondance ou fréquence des cortèges d'espèces cibles, **des changements sont en revanche observés à l'échelle du réseau hydraulique à proximité des points d'écoute.** En effet, une probable redistribution spatiale des individus est constatée lorsqu'il y a eu curage. Le pourcentage de données saisies sur l'emprise du réseau hydraulique autour des points « témoins » ne change pas d'une année à l'autre. Sur les points « curés », le nombre de données saisies sur l'emprise du réseau hydraulique curé, et donc le nombre d'oiseaux occupant les habitats rivulaires, baisse significativement entre 2021 et 2022. Ainsi, 24 % des données des espèces cibles étaient à proximité immédiate des fossés en 2021, contre 20 % en 2022. **Concernant les espèces paludicoles, ce pourcentage passe de 17 % à 11 %. En excluant la Cisticole des joncs, ce pourcentage diminue de 16 % à 8 %, soit une baisse de 50 % du taux d'occupation des habitats rivulaires pour les cinq espèces paludicoles les plus strictement associées aux roselières. Ces résultats démontrent l'incidence du curage au niveau des fossés curés sur le cortège des passereaux paludicoles un an après les travaux.**

Pour les espèces des strates buissonnantes ou arbustives, le pourcentage de données localisées en bordure de fossé passe de 29 % en 2021 à 23 % en 2022. **Cette diminution d'occupation par le cortège des oiseaux liés aux buissons et aux arbustes est également significative pour ce cortège en lien avec la disparition des buissons.**

Pour les oiseaux d'eau aucune différence n'est observée.

- **Discussion et perspectives**

Les travaux de curage en 2021 ont été effectués sur 50 kms du réseau tertiaire au sein des trois UHC pilotes. Cela représente 12 % du réseau hydraulique total de ces trois UHC et 20 % du réseau tertiaire sur 2021 et 2022.

Lors de cette première année de suivi post-travaux, on ne constate pas de modification de la richesse spécifique de l'avifaune nicheuse ou d'abondance des espèces des cortèges cibles de cette étude.

On observe en revanche une baisse significative de la fréquence d'occurrence de la Rousserolle effarvatte dans les secteurs curés.

De plus, **les effets du curage sur l'avifaune nicheuse sont significatifs à proximité du réseau hydraulique suite à l'altération des habitats de nidification le long des fossés. Il semble y avoir une probable redistribution spatiale des individus des zones curées vers des zones non impactées.**

Le broyage des roseaux, des hélophytes et des buissons ne sont ici évalués qu'à partir d'une seule année suivant les travaux. Avec la poursuite des travaux de curage en marais de Brouage à moyen terme, se pose la question des effets cumulés dans le temps. La perte d'habitat après deux ou trois années de curage pourrait augmenter potentiellement les impacts du curage. Ces effets ne sont pas mesurables dans le cas présent, l'étude portant uniquement sur la première année de curage.

Avec la disparition de 50% de la surface des zones humides en France entre 1960 et 1990 puis un ralentissement de cette régression jusqu'aux années 2010, un déclin des populations d'oiseaux paludicoles inféodés à ces milieux est également noté (Ramsar, *Fontaine et al., 2020 ; PCN, 2018*).

Dans le cadre cette étude, nous observons une faible fréquence des espèces paludicoles dans le marais de Brouage contrairement à ce qui pourrait être attendu d'un marais arrière-littoral. Des espèces patrimoniales telles que la Gorgebleue à miroir, le Phragmite des joncs ou le Bruant des roseaux sont présentes sur moins d'un quart des points d'écoute. Dans une optique de conservation de la biodiversité, ce constat souligne la nécessité de développer des mesures de gestion favorables au maintien et au développement de milieux accueillants pour l'avifaune nicheuse telles que les roselières. Par exemple, la mise en place d'une Mesure Agro-Environnementale et Climatique avec une mise en défens de 10% de la surface d'une parcelle agricole serait bénéfique pour le maintien de berges végétalisées.

L'évaluation dans le temps de recolonisation des berges par la végétation rivulaire afin d'estimer la durée de l'impact lié à la perte d'habitat serait une information à obtenir. Cette étude évalue les impacts du curage à partir d'une seule année de suivi post-travaux, et une attention particulière devrait être portée aux incidences à long terme du curage pour tenir compte de potentiels effets cumulés sur la ZPS. **Il serait intéressant de poursuivre les inventaires suivant le même protocole dans les prochaines années afin d'évaluer la résilience du milieu suite aux travaux,** le temps nécessaire au développement de la végétation rivulaire et à la colonisation par les communautés d'oiseaux paludicoles.

Enfin, il serait également pertinent de construire une stratégie pour conforter les roselières rivulaires pour le marais de Brouage et objectiver une augmentation de la capacité d'accueil des passereaux paludicoles.

Bibliographie

POITOU-CHARENTES NATURE - 2018 - *Espèces animales déterminantes en Poitou-Charentes*. Fontaine-le-Comte.

POITOU-CHARENTES NATURE - 2018 - *Liste rouge du Poitou-Charentes : chapitre Oiseaux nicheurs*. Fontaine-le-Comte.

UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS - 2016 - *La Liste rouge des espèces menacées en France : Chapitre Oiseaux de France métropolitaine*. Paris, France.

Delacroix R, Mercier F. - 2021 - *Suivi de l'avifaune paludicole nicheuse et des espèces associées dans le marais de Brouage (17), Année 2021* - LPO BirdLife France – 68pp.

Fontaine B., Moussy C., Chiffard Carricaburu J., Dupuy J., Corolleur E., Schmaltz L., Lorrillière R., Lois G., Gaudard C. – 2020. *Suivi des oiseaux communs en France 1989-2019 : 30 ans de suivis participatifs*. MNHN- Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation, LPO BirdLife France - Service Connaissance, Ministère de la Transition écologique et solidaire. 46 pp.

Jomat L. – 2018 - *Suivi de l'évolution des populations d'oiseaux paludicoles en fonction des travaux d'entretien du réseau hydraulique en marais de Brouage (17)*

Jomat L. et Barret V. – 2020. *Rapport intermédiaire Etude des roselières de Charente-Maritime – Utilisation de l'avifaune comme indicateur de la qualité des roselières*. LPO BirdLife France 53pp.

Trnka, A., Peterková, V., Prokop, P. & Batáry, P. - 2014 - *Management of reedbeds: mosaic reed cutting does not affect prey abundance and nest predation rate of reed passerine birds*. *Wetlands Ecology and Management* 22(3), 227–234.

<http://datazone.birdlife.org/info/euroredlist>

Annexes

➤ Annexe 1: Tableau exemple pour le calcul de l'abondance maximale spécifique cumulée par point d'écoute

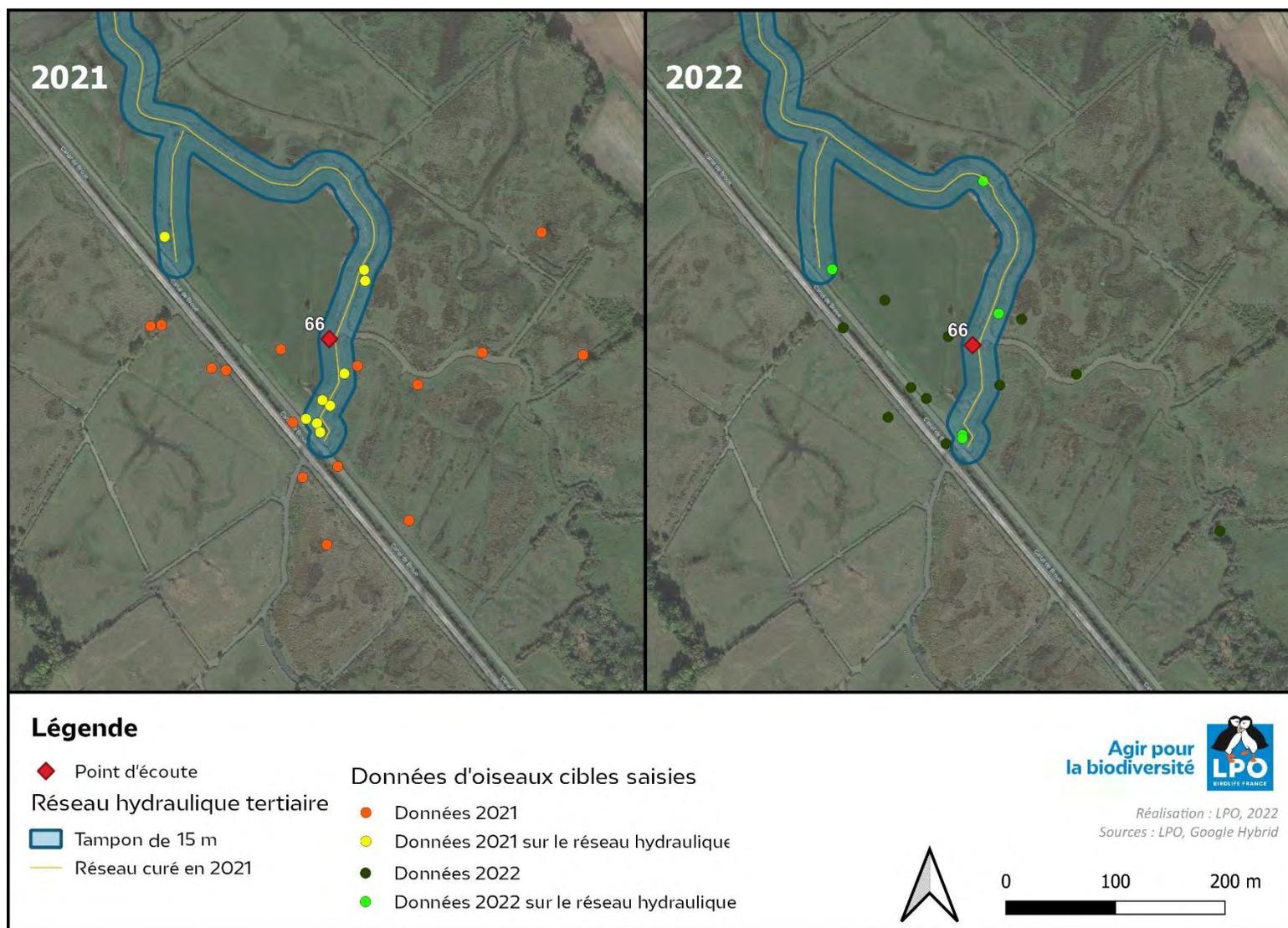
Le tableau ci-dessous présente les effectifs des espèces cibles contactées sur le point n°12 en 2022.

Abondance spécifique par passage (= nombre d'individus contactés)	Passage		
	1	2	3
Bouscarle de Cetti	2	3	2
Bruant des roseaux			2
Cisticole des joncs	1	1	3
Foulque macroule		1	
Gallinule poule-d'eau		2	1
Gorgebleue à miroir	1		1
Phragmite des joncs	1	1	1
Rousserolle effarvate		2	2
Tourterelle des bois			1
Abondance cumulée par passage	5	10	13
Abondance maximale spécifique cumulée sur le point d'écoute			= 16

Dans cet exemple, la richesse spécifique cumulée sur le point 12 en 2022 est de 9 espèces cibles.

Pour l'abondance maximale spécifique cumulée sur le point d'écoute, on additionne les effectifs maximaux obtenus pour chacune des espèces cibles contactées (cellules en orangé). On obtient ainsi une abondance maximale spécifique cumulée sur le point d'écoute n°12 en 2022 de 16 individus.

➤ Annexe 2: Exemple de l'analyse cartographique des données saisies sur le réseau hydraulique



Carte 11 : Cartographie des données avifaune saisies sur le réseau hydraulique

➤ [Annexe 3: Résultats des modèles linéaires généralisés effectués](#)

glm #1

Richesse spécifique moyenne par point d'écoute en 2021 ~ Passage, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	1.3737	0.05032	27.302	<2e-16 ***
PASSAGE2	-0.04664	0.07200	-0.648	0.5171
PASSAGE3	-0.17677	0.07452	-2.372	0.0177 *
% de déviance expliquée : 2.58 %				

glm #2

Richesse spécifique moyenne par point d'écoute en 2022 ~ Passage, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	1.21788	0.05439	22.391	<2e-16 ***
PASSAGE2	0.20040	0.07335	2.732	0.00629 **
PASSAGE3	0.14566	0.07427	1.961	0.04985 *
% de déviance expliquée : 3.17 %				

glm #3

Richesse spécifique cumulée (espèces cibles) par point d'écoute ~ Année, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	1.798404	0.040689	44.198	<2e-16 ***
ANNEE2022	0.001654	0.057520	0.029	0.977

glm #4

Richesse spécifique cumulée (espèces paludicoles) par point d'écoute ~ Année, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	0.82855	0.06608	12.538	<2e-16 ***
ANNEE2022	-0.09618	0.09578	-1.004	0.315

glm #5

Richesse spécifique cumulée (espèces cibles) par point d'écoute ~ Année * Habitat, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	1.86629	0.07433	25.108	<2e-16 ***
ANNEE2022	0.02725	0.10441	0.261	0.7941
HABITATH	-0.21173	0.10211	-2.074	0.0381 *
HABITATR	0.02627	0.10045	0.262	0.7937
ANNEE2022:HABITATH	0.02294	0.14348	0.160	0.8730
ANNEE2022:HABITATR	-0.09907	0.14223	-0.697	0.4861
% de déviance expliquée : 7.99 %				

glm #6

Richesse spécifique cumulée (espèces paludicoles) par point d'écoute ~ Année * Habitat, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	0.55962	0.14286	3.917	8.95e-05 ***
ANNEE2022	-0.06318	0.20530	-0.308	0.758278
HABITATH	0.05349	0.18519	0.289	0.772716
HABITATR	0.62601	0.17224	3.634	0.000279 ***
ANNEE2022:HABITATH	0.06098	0.26518	0.230	0.818117
ANNEE2022:HABITATR	-0.12702	0.24955	-0.509	0.610767
% de déviance expliquée : 18.92 %				

glm #7

Richesse spécifique cumulée (espèces cibles) par point d'écoute ~ Année * Type de point, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	1.80955	0.05019	36.055	<2e-16 ***
ANNEE2022	0.06344	0.06988	0.908	0.364
TYPET	-0.03218	0.08573	-0.375	0.707
ANNEE2022:TYPET	-0.19215	0.12332	-1.558	0.119

glm #8

Richesse spécifique cumulée (espèces paludicoles) par point d'écoute ~ Année * Type de point, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	0.82283	0.08220	10.010	<2e-16 ***
ANNEE2022	-0.05557	0.11790	-0.471	0.637
TYPET	0.01628	0.13821	0.118	0.906
ANNEE2022:TYPET	-0.11937	0.20236	-0.590	0.555

glm #9

Abondance maximale cumulée (espèces cibles) par point d'écoute ~ Année * Habitat, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	2.33076	0.05893	39.554	<2e-16 ***
ANNEE2022	0.08961	0.08153	1.099	0.27170
HABITATH	-0.23542	0.08140	-2.892	0.00383 **
HABITATR	-0.01313	0.08036	-0.163	0.87018
ANNEE2022:HABITATH	-0.01440	0.11316	-0.127	0.89876
ANNEE2022:HABITATR	-0.05306	0.11147	-0.476	0.63405
% de déviance expliquée : 8.18 %				

glm #10

Abondance maximale cumulée (espèces paludicoles) par point d'écoute ~ Année * Habitat, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	1.09861	0.10911	10.069	<2e-16 ***
ANNEE2022	-0.03637	0.15573	-0.234	0.815
HABITATH	-0.08004	0.14548	-0.550	0.582
HABITATR	0.60889	0.13191	4.616	3.91e-06 ***
ANNEE2022:HABITATH	0.07156	0.20660	0.346	0.729
ANNEE2022:HABITATR	-0.02701	0.18822	-0.143	0.886
% de déviance expliquée : 19.94 %				

glm #11

Abondance maximale cumulée (espèces cibles) par point d'écoute ~ Année * Type de point, loi de Poisson

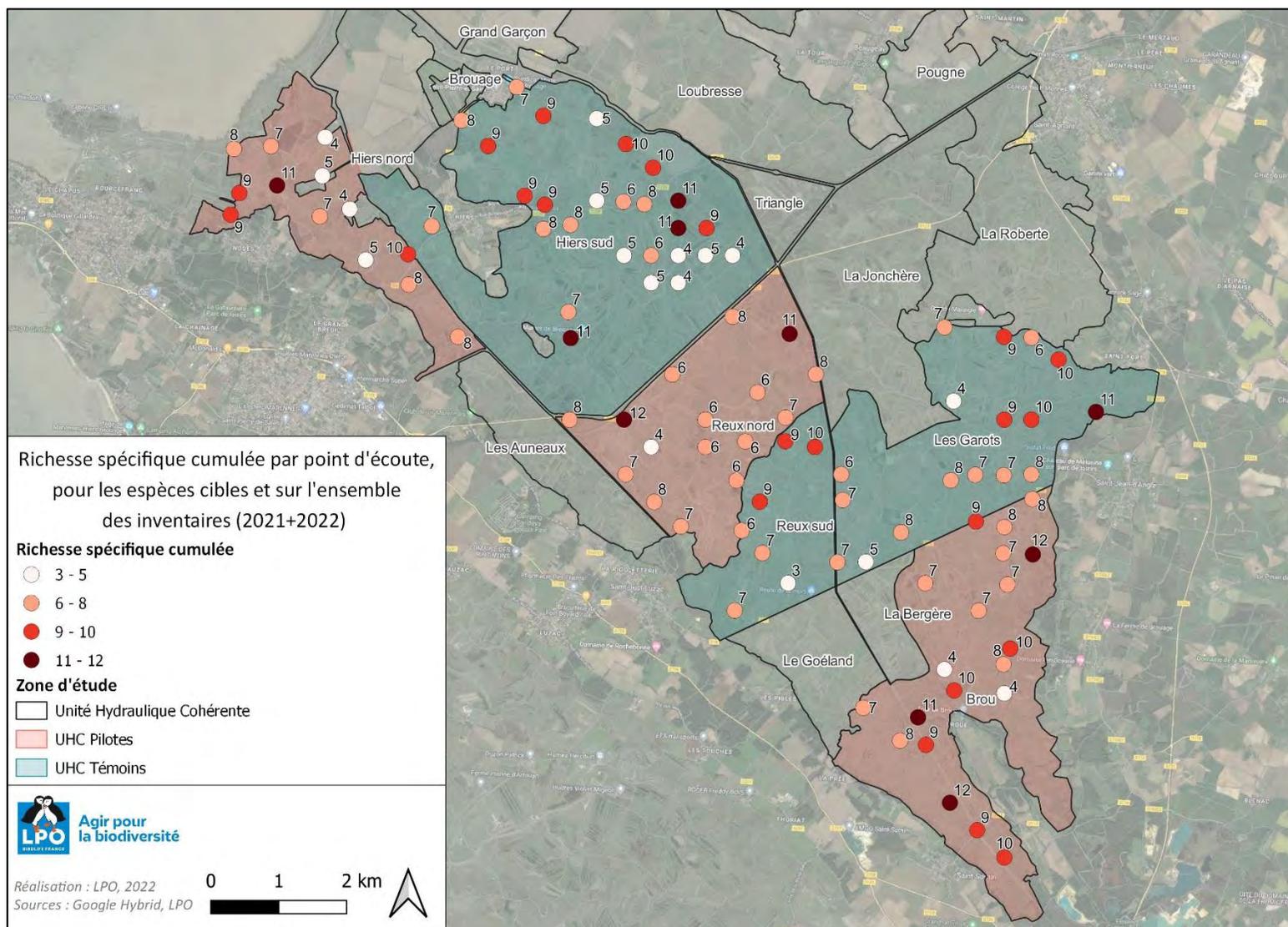
	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	2.29176	0.03944	58.113	<2e-16 ***
ANNEE2022	0.10053	0.05442	1.847	0.0647
TYPET	-0.15337	0.07016	-2.186	0.0288 *
ANNEE2022:TYPET	-0.10728	0.09858	-1.088	0.2765
% de déviance expliquée : 7.22 %				

glm #12

Abondance maximale cumulée (espèces paludicoles) par point d'écoute ~ Année * Type de point, loi de Poisson

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	1.359002	0.062869	21.616	<2e-16 ***
ANNEE2022	-0.019961	0.089358	-0.223	0.823
TYPET	-0.118560	0.110531	-1.073	0.283
ANNEE2022:TYPET	-0.005145	0.157238	-0.033	0.974

➤ Annexe 4: Richesse spécifique cumulée par point d'écoute pour les espèces cibles pour la globalité des suivis (2021 & 2022)



Carte 12: Richesse spécifique cumulée générale (2012 et 2022 pris en compte) observée sur les points d'écoute pour les espèces cibles (n= 17 espèces)