



ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Je, soussigné (e) DAIRE Alexis, déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

Signature :

Cet engagement de non-plagiat doit être inséré en première page de tous les rapports, dossiers, mémoires.



**FACULTÉ
DE SANTÉ**

UNIVERSITÉ D'ANGERS

Université d'Angers
Faculté des Sciences
2 boulevard Lavoisier
49045 Angers

LPO France, DT Limousin~
Le Champ des Possibles

Étude des déterminants paysagers conditionnant la répartition et le maintien de la Pie-grièche grise sur les zones d'habitats favorables du plateau de Millevaches en Limousin.



Pie-grièche grise du plateau, DAIRE Alexis

Rapport de stage de Master 2

Mention : BEE

Parcours GEB

Présenté par Alexis DAIRE

Année universitaire

2024-2025

Université d'Angers Faculté des Sciences 2 boulevard Lavoisier 49045 Angers Cedex		Master 2 Biodiversité Ecologie-Evolution Parcours GeB	
Responsable du Master 2 : Alain PAGANO			
Auteur : Alexis DAIRE		Organisme d'accueil : LPO France DT Limousin Le Champ des Possibles	
Année universitaire 2024-2025		Maîtres de stage : Lucie BONNET et Frédéric LAGARDE	
Étude des déterminants paysagers conditionnant la répartition et le maintien de la Pie-grièche grise sur les zones d'habitats favorables du plateau de Millevaches en Limousin.			
Résumé : Cette étude cherche à comprendre les déterminants paysagers de la répartition et du maintien de la Pie-grièche grise (<i>Lanius excubitor</i>) sur le plateau de Millevaches en Limousin, où l'espèce est en fort déclin. Nous avons caractérisé la structure paysagère des milieux oligotrophes favorables à la reproduction de l'espèce et caractérisés l'occupation du sol dans un rayon de 500 m autour de sites de maintien, de disparition et d'absence, afin d'évaluer l'influence de l'occupation du sol et des éléments paysagers. Les analyses (NMS, Kruskal-Wallis) montrent peu de différences marquées entre catégories de sites, suggérant que la structure générale de l'habitat n'est pas un facteur limitant majeur à cette échelle. Quelques variables spécifiques, comme la proportion de zones humides, pourraient toutefois jouer un rôle dans la connectivité et le fonctionnement populationnel. Ces résultats orientent vers d'autres hypothèses explicatives, notamment liées à la disponibilité en ressources trophiques et aux impacts potentiels des pratiques agricoles et sylvicoles sur les communautés d'insectes, éléments essentiels à l'espèce. Mots clés : Pie-grièche grise, plateau de Millevaches, habitat, analyse NMS, conservation.			
Abstract: This study investigates the landscape determinants of the distribution and persistence of the Great Grey Shrike (<i>Lanius excubitor</i>) on the Millevaches Plateau, where the species is undergoing a marked decline. We assessed the landscape structure of oligotrophic habitats favorable to breeding and analyzed land cover within a 500 m radius around persistence, disappearance, and absence sites, to evaluate the influence of land-use composition and landscape elements. Multivariate ordination (NMS) and non-parametric tests (Kruskal-Wallis) revealed few clear differences between site categories, suggesting that general habitat structure is not a major limiting factor at this scale. However, certain specific variables, such as the proportion of wetlands, may contribute to population connectivity and dynamics. These results point towards alternative explanatory hypotheses, particularly those related to prey availability and the potential impacts of agricultural and forestry practices on insect communities, which are key resources for the species Keywords : Great Grey Shrike, Millevaches plateau, habitat, NMS analysis, conservation.			

Remerciements :

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à la LPO France, à la Délégation Territoriale du Limousin, ainsi qu'au Champ des Possibles qui m'ont accueilli et accompagné dans la réalisation de ce travail. J'adresse des remerciements particuliers à Lucie Bonnet, Laura Taysse et Frédéric Lagarde pour la qualité de leur encadrement, leur disponibilité, leurs conseils avisés et la confiance qu'ils m'ont témoignée tout au long de cette étude.

Je remercie également l'ensemble des bénévoles de la LPO ayant contribué à l'élaboration de la base de données de présence et d'absence de la Pie-grièche grise, ainsi que le Parc Naturel Régional de Millevaches en Limousin pour m'avoir permis d'accéder à sa cartographie des habitats.

Mes remerciements s'adressent aussi aux naturalistes du Plateau, et notamment à Robin Petit, Gérard Nonique-Desvergnès, Didier Dupont et Jean-Pierre Lecrivain, dont les échanges sur le terrain comme lors de rencontres informelles ont été une source d'enrichissement scientifique et personnel. Leurs retours d'expérience, leurs conseils méthodologiques et leurs références bibliographiques m'ont apporté un appui précieux.

Enfin, je souhaite remercier l'ensemble de l'équipe du Champ des Possibles — Camille, Elsa, Yoann, Eliott, Anaïs et Frédéric — pour leur accueil chaleureux, la mise à disposition de ressources matérielles et documentaires, ainsi que pour les échanges constructifs qui ont nourri ma réflexion et enrichi la portée de ce travail, mais également mes connaissances de la biodiversité.

Table des matières

1. Préambule
2. Introduction
3. Matériel et Méthodes
 - 3.1 Origine des données PGG
 - 3.2 Sélection des sites d'étude
 - 3.3 Choix des variables mesurées
 - 3.4 Récolte des données
 - 3.5 Analyse des données
4. Résultats
 - 4.1 Analyse graphique de la dissimilarité entre les sites
 - 4.2 Comparaison de la dispersion des sites
 - 4.3 Analyse de la variance des variables contributives
 - 4.4 Comparaison des caractéristiques paysagères
5. Discussion
6. Bibliographie

Liste des tableaux

- Tableau 1 : variables « structures paysagères » :
- Tableau 2 : variables d'occupation du sol
- Tableau 3 : Résultats du test de Shapiro-Wilk
- Tableau 4 : Variables corrélées à l'axe 3 de la NMS et résultats du test de Levene
- Tableau 5 : Résultats du test de Kruskal-Wallis

Liste des figures

- Figure 1 : Répartition des sites de présence, absence et disparition de PGG sur la ZPS du PNRML
- Figure 2 : Distribution des sites favorables en fonction de leur superficie
- Figure 3 : Détourage et pointage des éléments paysagers sur orthophotographies
- Figure 4 : Dispersion des sites (axes 1 et 2 de la NMS)
- Figure 5 : Dispersion des sites (axes 1 et 3 de la NMS)
- Figure 6 : Dispersion des sites (axes 1 et 4 de la NMS)
- Figure 7 : Distribution des sites (axes 2 et 3 de la NMS)
- Figure 8 : Distribution des sites (axes 2 et 4 de la NMS)
- Figure 9 : Distribution des sites (axes 3 et 4 de la NMS)
- Figure 10 : Rapport périmètre/surface des sites selon le statut
- Figure 11 : Nombre d'éléments paysagers isolés (2–5 m) par hectare selon le statut
- Figure 12 : Nombre de bosquets (2–5 m) par hectare selon le statut
- Figure 13 : Proportion de tourbières et marais autour des sites

1) Préambule :

La Pie-grièche grise (*Lanius excubitor*) est une espèce menacée, protégée en France par les Articles 1 et 5 de l'Arrêté ministériel modifié du 17 avril 1981 et inscrite à l'annexe II de la convention de Berne.

Cette espèce est inscrite sur les listes rouges de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) qui l'évalue en préoccupation mineur au niveaux mondial (2025) et européen (2021), en danger à l'échelle de la France métropolitaine (2016) et du territoire Limousin (2015).

La Pie-grièche grise a été l'une des quatre espèces (Pie-grièche grise, Pie-grièche à tête rousse, Pie-grièche méridionale et Pie-grièche à poitrine rose) faisant l'objet d'un premier plan national d'actions en faveur des pies-grièches entre 2014 et 2018 (PNA PG 2014-2018). À la suite de la rédaction d'un bilan de ce PNA PG 2014-2018, un nouveau document ; le PNA PG 2025-2034, intègre la Pie-grièche écorcheur à la stratégie nationale de conservation des pies-grièches nicheuses de France métropolitaine et vise principalement à :

- maintenir les habitats au niveau national pour les 5 espèces de pies-grièches
- restaurer localement les habitats au sein des zones exploitées par les pies-grièches et assurer la continuité écologique entre ces zones
- maintenir et/ou renforcer le nombre de couples recensés en 2023 (HERVE & DUSSOCHAUD 2024).

La Ligue pour la protection des oiseaux (LPO), en tant qu'association reconnue d'utilité publique depuis 1986, a la charge de l'animation de ce PNA PG 2025-2034 et c'est la délégation territoriale LPO Limousin qui anime le PNA PG 2025-2034 au niveau du territoire Limousin.

Le Champs des possibles est une association de recherche (par la réalisation d'inventaires naturalistes et la production d'études scientifiques en écologie), formation et sensibilisation du grand public (par des conférences, interventions auprès de publics variés et formations/stages universitaires) aux changements globaux et aux impacts des changements globaux sur la biodiversité à l'échelle du Limousin et particulièrement du plateau de Millevaches.

Dans le cadre du PNA PG la LPO Limousin et Le Champs des possibles ont co-encadré l'étude des déterminants de la répartition et du déclin de la Pie-grièche grise en Limousin réalisée par Quentin MENICHINI en 2024. A partir de la cartographie des habitats naturels de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) du plateau de Millevaches en Limousin réalisée par le Parc Naturel

Régional de Millevaches en Limousin (PNRML), cette étude a permis de définir la niche écologique de la Pie-grièche grise sur la ZPS et identifier les milieux oligotrophes (pelouses silicicoles, prairies mésophiles et tourbières et marais) comme étant les patches d'habitats favorables à l'installation de l'espèce. Cette cartographie des habitats favorables à la Pie-grièche grise, croisée avec les données d'observations de l'espèce de la base de données participative Faune-Limousin ainsi qu'avec les données acquises lors de l'enquête Pie-grièche grise (coorganisée par la LPO Limousin et le PNRML) ont notamment permis de définir la niche écologique favorable à la Pie-grièche grise en période de reproduction en fonction des caractéristiques d'occupation du sol.

En partant de cette étude, nous nous demandons donc quels autres facteurs paysagers peuvent influencer la répartition et le maintien de la Pie-grièche grise (PGG) en Limousin puisque l'on observe que bien que l'étude précédente explique en grande partie la répartition de la Pie-grièche grise sur le secteur de la ZPS du PNRML, le nombre de sites favorables et donc de territoires potentiels est supérieur au nombre de couples observés.

2) Introduction :

La biodiversité décline à un rythme alarmant à l'échelle mondiale depuis plusieurs décennies. Ce phénomène est particulièrement prononcé en Europe, où la modification et l'intensification des pratiques agricoles depuis les années 1950 constituent l'un des facteurs principaux de ce déclin (IPBES, 2019). Ce déclin touche l'ensemble des taxons et se manifeste notamment chez les oiseaux, qui font l'objet d'un suivi rigoureux via le programme STOC (Suivi Temporel des Oiseaux Communs), coordonné par le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et mis en œuvre sur l'ensemble du territoire français. Grâce à l'analyse des tendances démographiques selon l'écologie des espèces, les oiseaux apparaissent comme un indicateur robuste du déclin global de la biodiversité.

Les populations européennes d'oiseaux communs ont chuté de manière marquée depuis les années 1980. Cette tendance est particulièrement marquée et préoccupante chez les espèces insectivores et les espèces inféodées aux espaces agricoles (FONTAINE & al., 2021) qui subissent des baisses d'effectifs estimées à près de 30% contre une augmentation des populations chez les espèces généralistes. Les oiseaux insectivores et inféodés aux milieux agricoles dépendent étroitement de la qualité des habitats semi-naturels et de la disponibilité en arthropodes (INGER & al., 2015), (BOWLER & al., 2019). Ce déclin est étroitement lié à

l'intensification des pratiques agricoles entraînant la simplification des paysages, la perte d'habitats et une forte pression sur les communautés d'insectes (HALLMANN & al., 2017), (GAGET & al., 2023). Les traitements phytosanitaires, en particulier les insecticides systémiques et les traitements antiparasitaires intensifient les pressions subies par les communautés d'invertébrés (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Parmi ces espèces inféodées aux milieux agricoles, la PGG, par l'évolution de ses populations, est symptomatique de l'impact des tensions qui s'exercent sur les habitants de ces milieux.

En 1994, la population de PGG de France métropolitaine était estimée entre 1700 et 5500 couples (LEFRANC, 1999). En 2018, la population nationale est estimée entre 516 et 1046 couples (HERVE & DUSSOCHAUD, 2024). La Pie-grièche grise aurait donc connu en France un déclin estimé à environ de 80% de sa population reproductrice en 28ans.

Entre 1980 et 2018, l'aire de répartition de la PGG en France a subi une contraction de 70% à 80% de sa surface initiale (HERVE & DUSSOCHAUD, 2024).

La population française de PGG est aujourd'hui morcelée en 3 petits noyaux de populations en Franche-Comté, dans les Vosges et en Moselle avec un bastion de population dans le Massif central dont la population est estimée à maximum 1550 à 3015 individus en 2011 malgré un morcellement des aires de répartition entraînant un isolement entre les différentes populations sur le Massif central (NOTTELET, 2022).

En Limousin, les tendances démographiques et de répartition spatiale observées de la PGG sont conformes à celles observées en France depuis le début des années 90. L'aire de répartition de la PGG a réduit d'au moins 50% sur le territoire Limousin où l'espèce ne se cantonne à présent que dans les secteurs de la Montagne Limousine, principalement sur le plateau de la courtine et des Millevaches (SEPOL, 2013).

En Europe, la PGG se reproduit généralement en dessous de 1000m d'altitude et évite les paysages trop encaissés, aux reliefs abrupts, rocheux et/ou densément boisés. La PGG préfère les paysages ouverts avec des milieux buissonnants et des arbres solitaires ou en petits groupes. On peut retrouver la PGG principalement dans des zones de prairies, marais, tourbières, parfois dans des zones cultivées et des vergers mais très rarement proches de zones habitées (CRAMP & al, 1993).

La période de reproduction s'étale de mi-février avec la formation des couples et l'apparition des premiers comportements territoriaux jusqu'au mois d'août avec l'élevage des

potentielles nichées de remplacement (CRAMP & al, 1993). Les différents nids, dans les secteurs avec des bonnes densité de couples reproducteurs, sont généralement espacés d'au moins 1000m avec un minimum observé dans les Vosges de 280m (HERVE & DUSSOCHAUD, 2024).

En France, la PGG préfère les milieux de prairie plats ou vallonnés et les milieux semi-ouverts (ISSA & MULLER 2015). Les populations françaises semblent cependant adopter des spécificités locales en termes de préférence d'habitat (HEINERICH & al., 2018), (MENICHINI, 2024).

En Limousin, les éléments paysagers semblent aussi jouer un rôle dans la sélection du site de reproduction de la PGG selon leur type et leur structure (BUISSON, 2012). Les haies arborescentes et arbustives, les alignements de gros arbres, les gros buissons épineux et les grands arbres morts sur pied représentent les éléments essentiels à la nidification de la Pie-grièche grise (LEFRANC, 1993). La PGG affiche une préférence pour certaines essences d'arbres pour nicher (BLOND, 2012), (HEINERICH, 2018), (DEHEM, 2018). La hauteur des éléments paysagers a également un impact sur la nidification (BLOND, 2012), (HEINERICH, 2018).

La PGG est un carnivore qui consomme des micromammifères, des reptiles (lézards), d'autres passereaux, des hyménoptères, des orthoptères, des odonates, des lépidoptères, des diptères, des coléoptères, des lombrics et des gastéropodes (CRAMP & al., 1993). En période de reproduction, la PGG consomme principalement des micromammifères, des coléoptères, des hyménoptères et des reptiles (CRAMP & al., 1993), (BLOND, 2012), (BUISSON, 2012).

Les arbres isolés sont importants pour lui permettre de chasser à l'affût. Les poteaux et câbles téléphoniques ou de lignes aériennes à basse tension ainsi que les piquets de clôtures peuvent servir de postes d'affûts de substitution (LEFRANC & al., 2010). Les haies arbustives et arbustes isolés épineux ainsi que les fils barbelés sont utilisés comme lardoirs (LEFRANC, 1993). La strate herbacée a également un impact sur le comportement de chasse : il a été observé une diminution du nombre d'actions de chasse avec l'augmentation de la hauteur de la végétation herbacée (STEINMETZ, COPPES & SCHNEIDER, 2019).

En période de reproduction, les éléments paysagers semblent donc être des facteurs clés expliquant la répartition de la PGG.

En Limousin, sur le territoire du Parc Naturel Régional de Millevaches, une étude préalable à la nôtre sur les déterminants de la répartition et du déclin de la PGG a montré que cette espèce occupe principalement des milieux oligotrophes (landes, pelouses silicicoles sèches et tourbières) en période de reproduction et est moins exigeante en période hivernale puisqu'elle occupe alors aussi les prairies améliorées et permanentes. (MENICHINI, 2024). Cette étude a surtout montré que la probabilité d'occupation d'un site en période de reproduction est dépendante de sa superficie. Les sites sur lesquels la probabilité de présence et de maintien de la PGG est élevée sont les sites présentant un ensemble de tourbières et marais, de landes et de pelouses silicicoles sèches ayant une surface supérieure à 50ha. La probabilité de maintien de l'espèce augmente avec la surface et la continuité des sites favorables (MENICHINI, 2024).

Or, certains des sites favorables à la présence de l'espèce en période de reproduction sont effectivement exploités par l'espèce alors que d'autres non.

Le but de cette étude est d'examiner si les caractéristiques dans la structure des éléments paysagers et des habitats présents sur ces sites favorables et dans leur environnement proche sont susceptibles de conditionner leur utilisation par la PGG et lui permettre de se maintenir.

3) Matériel et Méthodes :

3.1) Origine des données PGG :

Les données de présence de PGG sont extraites depuis la base de données Faune-France qui est une plateforme nationale de collecte, de validation et de diffusion de données biodiversité coordonnée par le réseau LPO avec le soutien du MNHN (Museum National d'Histoire Naturelle). Ces données sont renseignées par des observateurs divers dans le cadre d'observations spontanées et/ou opportunistes, ou dans le cadre de prospections protocolées comme lors des enquêtes PGG qui ont lieu tous les deux ans sur le plateau de Millevaches. L'enquête PGG est menée depuis 2004 par un groupe d'ornithologues anciennement coordonnés par la SEPOL (société pour l'étude et la protection des oiseaux du Limousin) et aujourd'hui encadrée par la LPO Limousin en étroite collaboration avec le PNRML. Tous les deux ans, les sites connus et les sites favorables à la présence de la PGG sont prospectés une première fois courant mars et si la présence du couple n'est pas avérée au premier passage, une seconde prospection du site à lieu début avril. Les ornithologues du Plateau prospectent également les sites d'intérêt tout au long de la saison de reproduction en renseignant leurs observations sur Faune-France.

3.2) Sélection des sites d'étude :

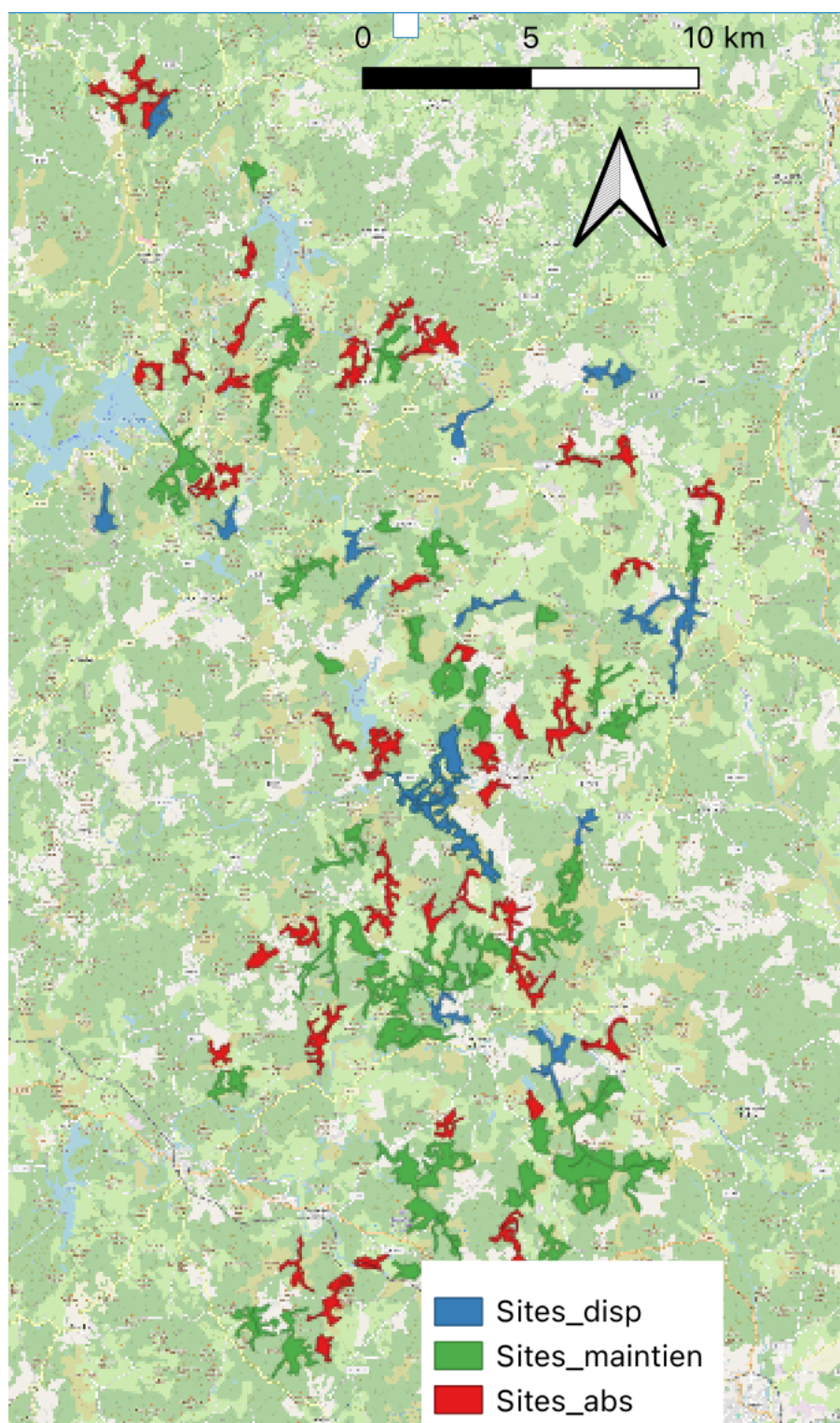


Figure 1 : Répartition des sites de présence PGG (Sites_maintien), des sites d'absence PGG (Sites_absence) et des sites de disparition PGG (Sites_disp) sur la ZPS du PNRML

A partir de la cartographie des habitats de la ZPS du PNRML réalisée en 2020, nous avons identifié les sites favorables à la reproduction de la PGG sur la ZPS qui correspondent aux milieux oligotrophes contigus du plateau de Millevaches (les milieux de tourbières, marais, les landes sèches et les pelouses silicicoles sèches) (MENICHINI, 2024).

Nous avons ensuite sélectionné les sites dont l'emprise continue est supérieure à 20ha, surface du domaine vitale minimum de la PGG en période de reproduction (CRAMP & Al., 1993).

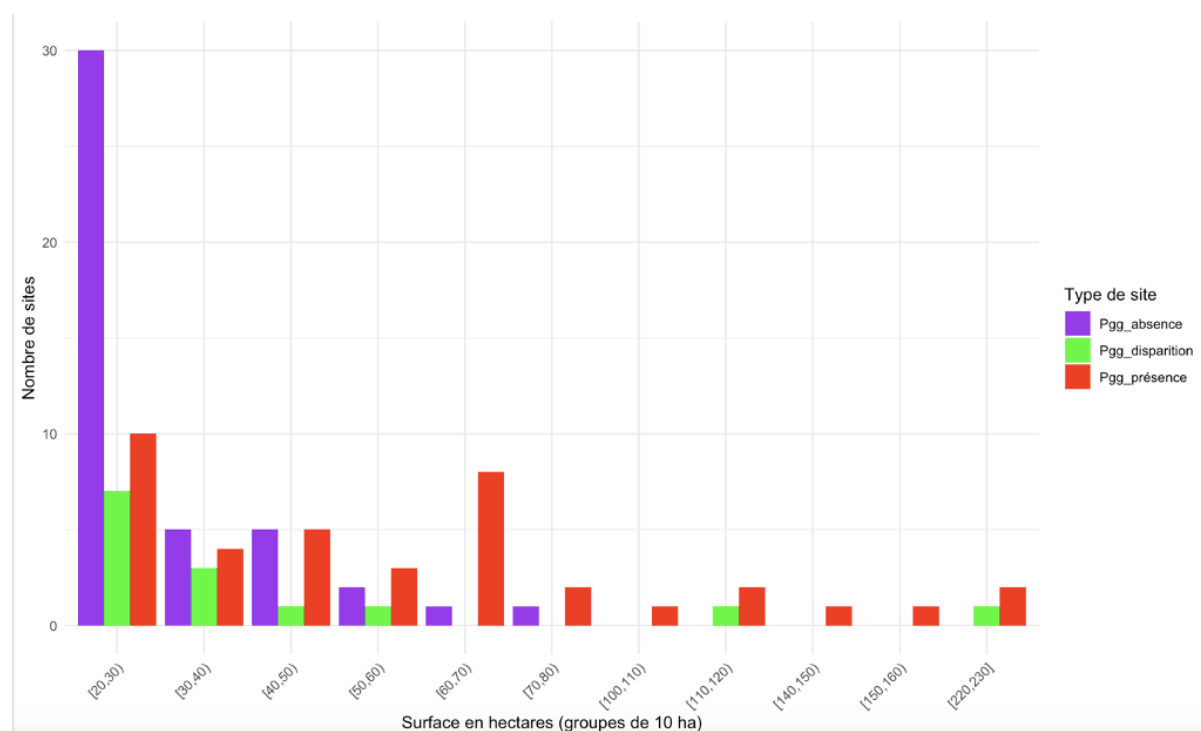


Figure 2: Distribution de fréquences des sites oligotrophes en fonction de la superficie sur la zone d'étude. Sont séparés les sites d'absence de PGG (violet), de disparition de PGG (vert) et de présence de PGG (rouge).

Sur cette cartographie des sites favorables à la reproduction de la PGG, nous avons identifié 96 sites occupés actuellement, anciennement occupés et qui n'ont jamais été occupés à partir des données d'observation de l'espèce via la base de données participative Faune-France.

Afin que ces données soient représentatives de la répartition de la PGG en période de reproduction, nous avons sélectionné les données enregistrées à partir du 15 février (période de formation des couples) (LEFRANC, 1993), jusqu'au 15 août (période d'élevage des potentielles pontes de remplacement) (LEFRANC, 1993).

Bien qu'il ait été démontré que la présence et le maintien de la PGG sur la ZPS du PNRML soit liée à la surface continue des habitats favorables (MENICHINI, 2024), on observe un nombre non négligeable de sites compris entre 20 ha et 50 ha occupés ou qui ont été occupés par l'espèce

(Figure 2). Ces surfaces correspondent au domaine vital en période de reproduction de la PGG, compris entre 20 ha et 100 ha (CRAMP & al. 1993).

Les sites considérés comme occupés par l'espèce sont ceux pour lesquels la PGG a été observée au moins une fois entre 2022 et 2024.

Les sites où l'on considère que la PGG a disparu sont ceux pour lesquels aucune donnée de présence n'a été documentée pendant au moins 3 ans alors que des reproductions antérieures sont connues (MENICHINI, 2024).

Les sites jamais occupés sont ceux où aucune observation n'est disponible dans la totalité de la période d'étude.

3.2) Choix des variables mesurées :

Pour pouvoir caractériser la structure des sites et cerner les éléments importants pour la sélection d'habitats de reproduction par la PGG, il est important de discriminer les supports de nids, les postes de chasse à l'affûts et les lardoirs potentiellement utilisables par la PGG.

Afin de dénombrer les perchoirs, supports de nids et lardoirs potentiels d'un site favorable à la reproduction, nous avons mesuré les variables présentées dans le tableau des variables « structures paysagères ».

Tableau 1 : variables structures paysagères :

Variable mesurée	Rôle dans l'écologie de la PGG
Nombre total d'arbres ou arbustes isolés	Ensemble de structures (arbres, arbustes et buissons) constituant des potentiels perchoirs, supports de nids ou lardoirs en fonction de leur taille/ leur nature.
Nombre d'arbustes compris entre 1 et 2 m	Postes d'affût bas
Nombre d'arbustes de 2 à 5 m	Postes d'affût moyens
Nombre d'arbres de 5 à 10m	Postes d'affût hauts et supports de nid bas
Nombre d'arbres de 10 à 15m	Postes d'affût et supports de nid
Nombre d'arbres de plus de 15m	Supports de nid et poste de surveillance du territoire
Nombre de feuillus isolés	Préférence démontrée pour certaines essences pour placer le nid
Nombre de résineux isolés	Préférence démontrée pour certaines essences pour placer le nid
Nombre de buissons épineux	Lardoirs potentiels
Nombre total de bosquets	Regroupement de végétation dense, refuges, postes d'affût ou sites de nidification
Nombre de bosquets entre 1 et 2m	Postes d'affûts bas et refuges
Nombre de bosquets entre 2 et 5m	Postes d'affûts moyen et refuges
Nombre de bosquets entre 5 et 10m	Postes d'affûts haut, refuges et site de nidification bas
Nombre de bosquets entre 10 et 15m	Postes de surveillance, refuges et sites de nidification
Nombre de bosquets de plus de 15m	Supports de nid, surveillance du territoire et refuges
Nombre de bosquets buissonnants épineux	Lardoirs
Nombre de bosquets feuillus	Préférence démontrée pour certaines essences pour placer le nid
Nombre de bosquets résineux	Préférence démontrée pour certaines essences pour placer le nid
Linéaire de clôture	Postes d'affût et lardoirs potentiels

Chacune de ces variables permettra de calculer leur densité à l’hectare afin de pouvoir comparer des sites de surface différentes et ainsi s’affranchir de l’effet surface déjà démontré sur la ZPS du PNRML (MENICHINI, 2024).

Afin de mesurer l’impact de l’occupation du sol environnant les sites favorables à la présence de la PGG, nous avons mesuré les variables présentées dans le tableau des variables d’occupation du sol dans un rayon de 500m autour des sites.

Tableau 2 : variables d’occupation du sol :

% Forêts mixtes
% Forêts riveraines
% Fourrés
% Pelouses silicoles sèches
% Plantations d’arbres
% Prairies améliorées
% Prairies mésophiles
% Tourbières et marais
% Eaux douces stagnantes
% Landes sèches
% Zones urbaines et industrielles
% Cultures
% Zones anthropisées
% Eaux courantes

3.3) Récolte des données :

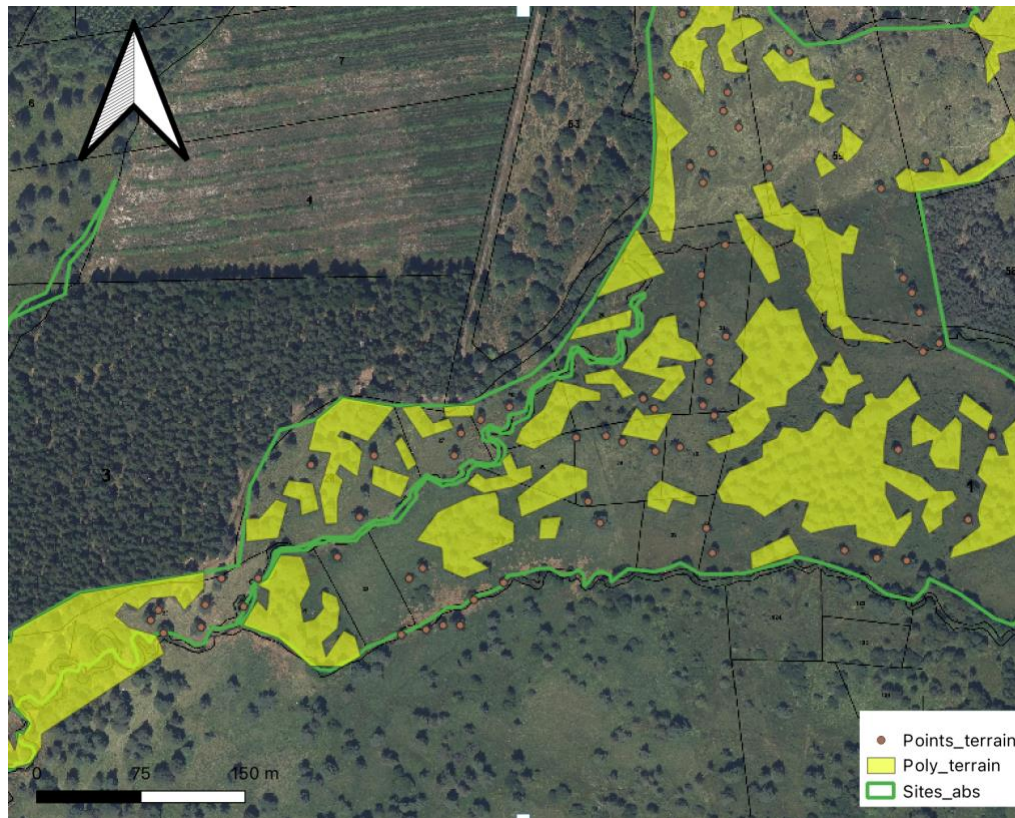


Figure 3 : Détourage et pointage des éléments paysagers sur Orthophotographies avec Points_terrain pour les éléments isolés et Poly_terrain pour les bosquets.

Afin de mesurer des différences au niveau de la structuration et de la diversité des éléments paysagers sur les sites oligotrophes fréquentés, anciennement fréquentés ou non fréquentés par la PGG en période de reproduction, la récolte de données s'est faite en deux étapes.

La première étape est une étape de détourage des éléments paysagers visuellement identifiables sur la matrice en Orthophotographie (Ortho 20 cm issues de Service WMTS public de la Géoplateforme) à l'échelle 1-1000^e sur la Logiciel QGIS (Version 3.34.1-Prizren).

Ces éléments détourés constituent des polygones (houppiers continus du groupement végétal) et points (éléments paysagers isolés) répartis sur les sites.

Une fois les éléments paysagers détourés, nous avons édité un formulaire d'attributs pour chaque entité afin de définir leur nature, leur composition végétale dominante, les strates définissant les éléments isolés ou composants les polygones ainsi que la largeur des éléments isolés (largeur du houppier pour les arbres isolés ou surface des buissons isolés). Les couches de détourage des sites étudiés, les couches de polygones et de points tracés sur ortho photos ont

été téléversés vers un projet QfieldCloud afin de pouvoir renseigner le formulaire d'attributs directement sur le terrain avec un smartphone ou une tablette et ainsi éviter les erreurs d'interprétation.

Les clôtures ont été tracées directement sur le terrain car difficilement détectables sur orthophotographies.

Sur le projet QfieldCloud, nous obtenons ainsi 3 couches en plus des couches de détournage des sites étudiés : une de polygones regroupant tous les bosquets, une de points regroupant tous les éléments paysagers isolés et une couche de lignes regroupant les clôtures.

Sur le terrain, il suffit alors de cliquer sur l'entité qui se trouve devant nous afin de renseigner les champs attributaires du formulaire (espèce majoritaire, espèce secondaire, taille de l'espèce majoritaire, remarque, etc.).

Sur ces couches, en sélectionnant les entités par classes de tailles sur Qgis, nous avons créé 6 couches de polygones selon les 6 classes de tailles précédemment listées, 6 couches de points selon les mêmes classes de tailles.

En sélectionnant les entités par les espèces végétales majoritaires dans les groupements végétaux ou par l'espèce végétale quand il s'agit d'un élément isolé, nous avons créé des couches de polygones feuillus, résineux et buissonnants, des couches de points résineux, feuillus et buissonnants.

Le dénombrement des différentes entités par sites étudiés s'est fait par l'outil « Join attributes by location (summary) ». Le nombre d'entité a été converti en nombre d'entité par hectare afin de pouvoir comparer la densité de ces éléments paysagers entre des sites de surfaces différentes et ainsi obtenir une matrice avec le nombre d'éléments paysagers par classe de taille, typologie de végétation dominante, linéaire de clôture à l'hectare ainsi que les proportions de catégories d'occupation du sol dans un rayon de 500 m autour du site.

3.4) Analyse de données :

3.4.1) Tests de normalité sur l'ensemble de variables :

Pour choisir la procédure statistique adaptée au jeu de données collectées, nous avons réalisé, sur le logiciel R-studio (Version 2023.03.0+386), un test de normalité sur la distribution de l'ensemble des variables du jeu de données avec un test de Shapiro-Wilk (S.S. Shapiro an M.B. Wilk, 1965).

Tableau 3 : Résultats du test de Shapiro-Wilk

Variable	p-value
Nombre d'arbres de plus de 15m	<0,001
Nombre de bosquets de plus de 15m	<0,001
%Eaux courantes	<0,001
Nombre d'arbres entre 10 et 15m	<0,001
%Cultures	<0,001
Nombre de bosquets buissonnants épineux	<0,001
Nombre de bosquets entre 1 et 2m	<0,001
Nombre de buissons épineux isolés	<0,001
Surface du site	<0,001
Périmètre du site	<0,001
Nombre de bosquets entre 10 et 15m	<0,001
%Eaux douces stagnantes	<0,001
Nombre d'arbustes entre 1 et 2m	<0,001
%Zones anthropisées	<0,001

Variable	p-value
Nombre d'arbres entre 5 et 10m	<0,001
%Landes sèches	<0,001
%Forêts riveraines	<0,001
Nombre de clôtures	<0,001
Nombre de résineux isolés	<0,001
%Villes, villages et sites industriels	<0,001
Nombre de bosquets résineux	<0,001
Linéaire de clôtures	0,003
%Pelouses silicoles sèches	0,006
Nombre d'arbustes entre 2 et 5m	0,009
Nombre de bosquets entre 2 et 5m	0,001
Nombre d'arbres, arbustes et buissons total	0,002
%Fourrés	0,002
Nombre de bosquets feuillus	0,005
Nombre de feuillus isolés	0,005
%Plantation d'arbres	0,04
%Forêts mixtes	0,06
Nombre de bosquets entre 5 et 10m	0,07
%Prairies mésophiles	0,12
Nombre de bosquets total	0,14
%Prairies améliorées	0,16
Rapport périmètre/aire du site	0,68
%Tourbières et marais	0,98

Le test de Shapiro-Wilk révèle qu'une grande partie de la distribution des variables à intégrer pour l'analyse des caractéristiques paysagères des sites favorables à la présence de la PGG en période de reproduction ne suit pas une loi normale (Tableau 3). Les transformations logarithmiques et carré ne permettant pas de normaliser la distribution de ces variables, nous appliquerons une procédure statistique non-paramétrique afin de répondre à la problématique.

3.4.2) Analyse graphique de la dissimilarité entre les sites Occupés, inoccupés et anciennement occupés par la PGG en fonction des variables collectées :

Afin d'explorer les structures de dissimilarité entre les sites selon leur statut (Repro, Disp, Abs), une ordination multidimensionnelle non métrique (NMS : Non-Metric Multidimensional Scaling) (J. B. Kruskal, 1964) a été réalisée sur l'ensemble des variables quantitatives du jeu de données toujours sur le logiciel R-studio.

Cette analyse non paramétrique permet de représenter des structures de dissimilarité entre les sites étudiés sans supposer de distribution particulière des variables analysées ni d'indépendance stricte entre ces variables. Les variables ont été standardisées par centrage-réduction (moyenne nulle et écart type unitaire) afin de limiter les effets d'échelle. La matrice de dissimilarité de Sørensen a été utilisée, car elle est adaptée aux données écologiques quantitatives et met l'accent sur les différences de composition (ici composition des éléments paysagers au sein d'un site) entre les sites.

L'algorithme d'ordination a été répliqué 500 fois pour chaque configuration de 2, 3 et 4 axes, afin de maximiser la stabilité des solutions. Le modèle présentant le plus faible stress a été retenu pour l'interprétation des structures spatiales. Les résultats sont représentés graphiquement, avec un codage couleur des sites selon leur statut, afin de mettre en évidence d'éventuels regroupements ou gradients.

3.4.3) Comparaison de la dispersion des sites en fonction du Statut sur les axes de la NMS :

Pour déterminer si les sites étudiés étaient significativement différemment dispersés dans l'espace d'ordination en fonction de leur statut (Repro pour les sites occupés, Disp pour les sites anciennement occupés et Abs pour les sites inoccupés par la PGG en période de reproduction), nous avons réalisé des tests de Levene (H. Levene, 1960) sur les coordonnées des sites de chaque catégorie sur chacun des axes retenus de la NMS.

Pour tenir compte de la multiplicité des tests, nous avons appliqué une correction de Bonferroni (C. E. Bonferroni, 1936) afin d'ajuster le seuil de significativité en divisant le seuil initial de 0,05 par le nombre de comparaisons effectuées.

3.4.4) Analyse de la variance des variables contribuant significativement aux axes de la NMS sur lesquels la dispersion des sites en fonction du statut est significativement différente :

Pour aller plus loin dans l'analyse des axes de la NMS révélant une dispersion significativement différente des sites selon leur catégorie de statut (Abs, Disp ou Repro), nous avons identifié les variables les plus contributives à partir de leurs coefficients de corrélation (scores de charge) avec les axes. Nous avons considéré les variables avec un coefficient de corrélation avec un axe supérieur à 0,4 comme ayant une contribution forte à la structure de cet axe.

Nous avons réalisé un test de Levene (H. Levene, 1960) sur ces variables afin de déterminer si leur variance différait significativement entre les 3 catégories de sites. Cette méthode nous permet d'identifier finement les variables expliquant potentiellement les différences de structures observées entre les groupes.

Nous avons appliqué une correction de Bonferroni pour ajuster le seuil de significativité en fonction du nombre de tests effectués. Les résultats de cette analyse permettent d'interpréter les axes NMS en mettant en évidence les variables dont la variabilité diffère selon le statut des sites.

3.4.5) Analyse de la distribution des variables en fonction du statut :

Les analyses précédentes ont pour but de détecter s'il existe des différences globales de structures paysagères entre les sites de Statut Abs, Disp et Repro en intégrant simultanément l'ensemble des variables environnementales.

Pour compléter cette approche intégrative, nous avons choisi de mener une analyse univariée afin d'identifier finement les variables pour lesquels la distribution différerait significativement en fonction du Statut du site. Nous avons choisis le test de Kruskal-Wallis (Kruskal et al., 1952), test non paramétrique permettant de comparer les distributions des variables entre les 3 groupes (Statut) de sites indépendants sans supposer la normalité.

4) Résultats

4.1) Analyse graphique de la dissimilarité entre les sites Occupés, inoccupés et anciennement occupés par la PGG en fonction des variables collectées :

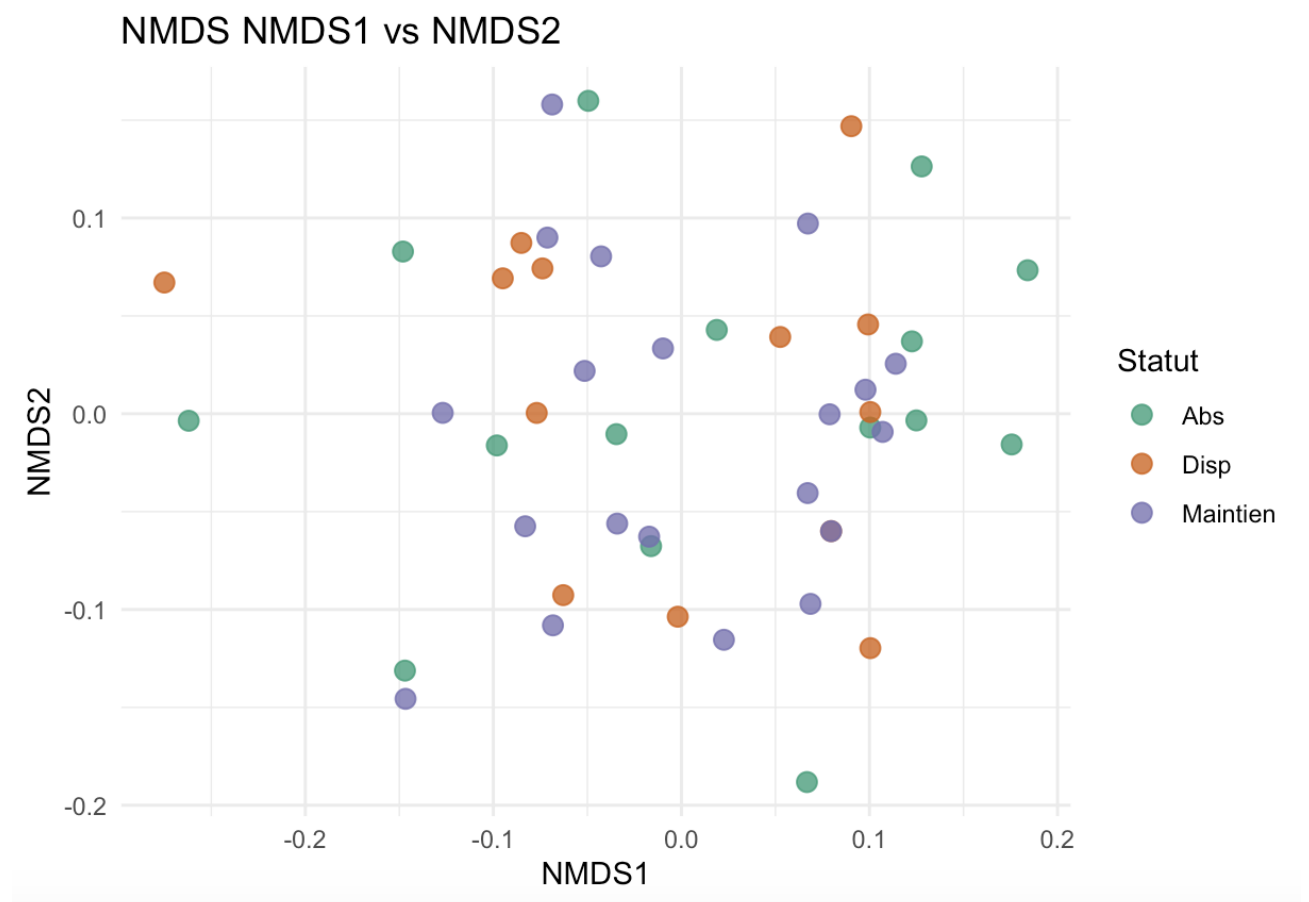


Figure 4 : Dispersion des sites sur les deux premiers axes de la NMS 4 axes en fonction de la catégorie de Statut

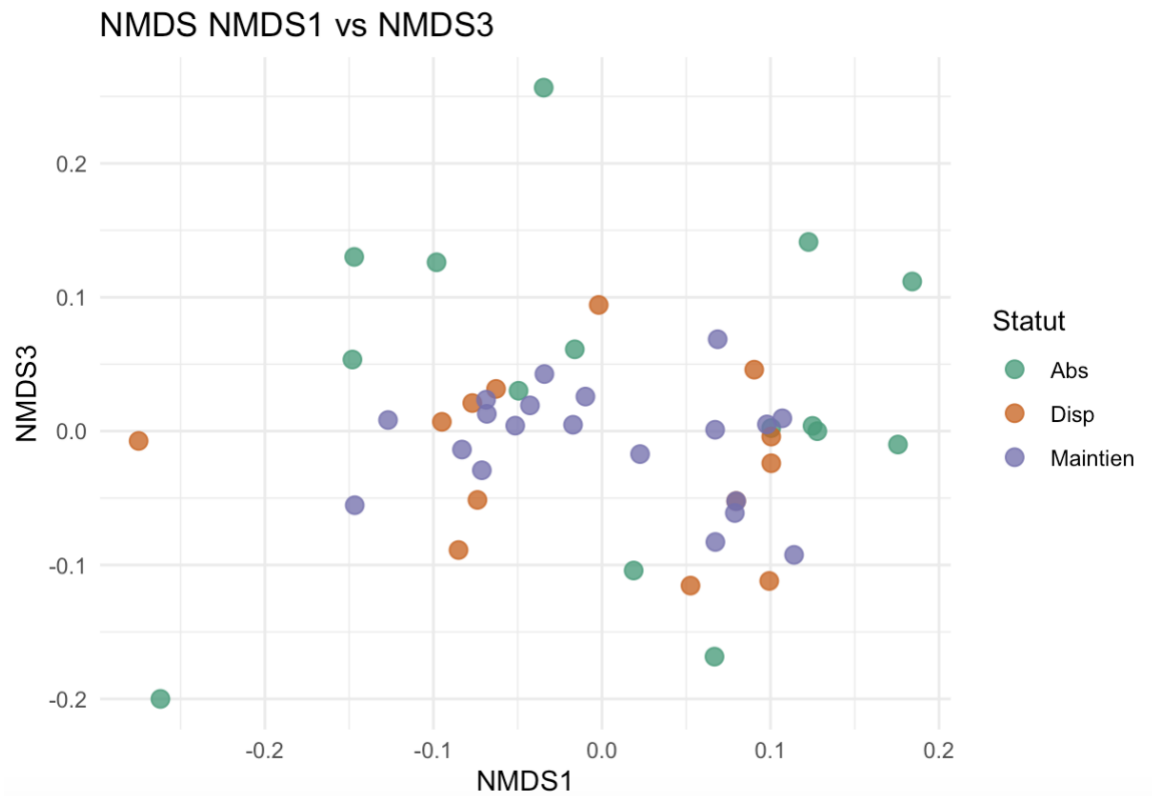


Figure 5 : Dispersion des sites sur les axes 1 et 3 de la NMS à 4 axes en fonction de la catégorie de Statut

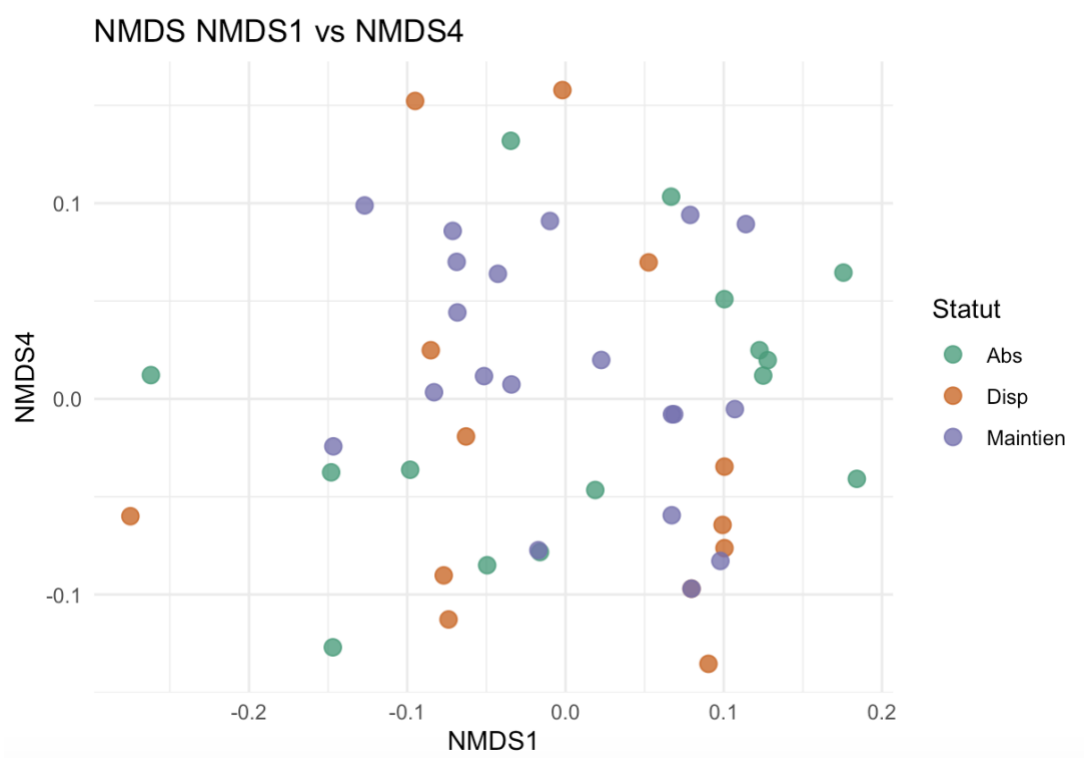


Figure 6 : Dispersion des sites sur les axes 1 et 4 de la NMS à 4 axes en fonction de la catégorie de Statut

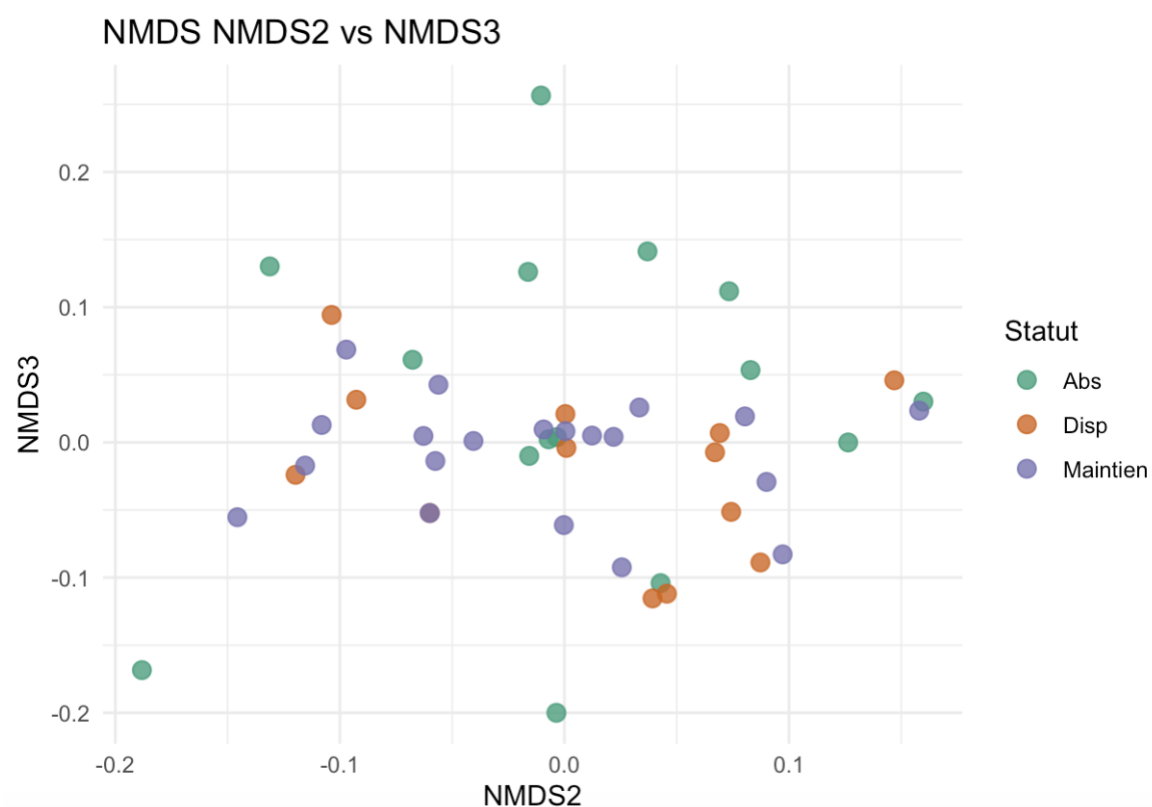


Figure 7 : Distribution des sites sur les axes 2 et 3 de la NMS à 4 axes en fonction de la catégorie de Statut

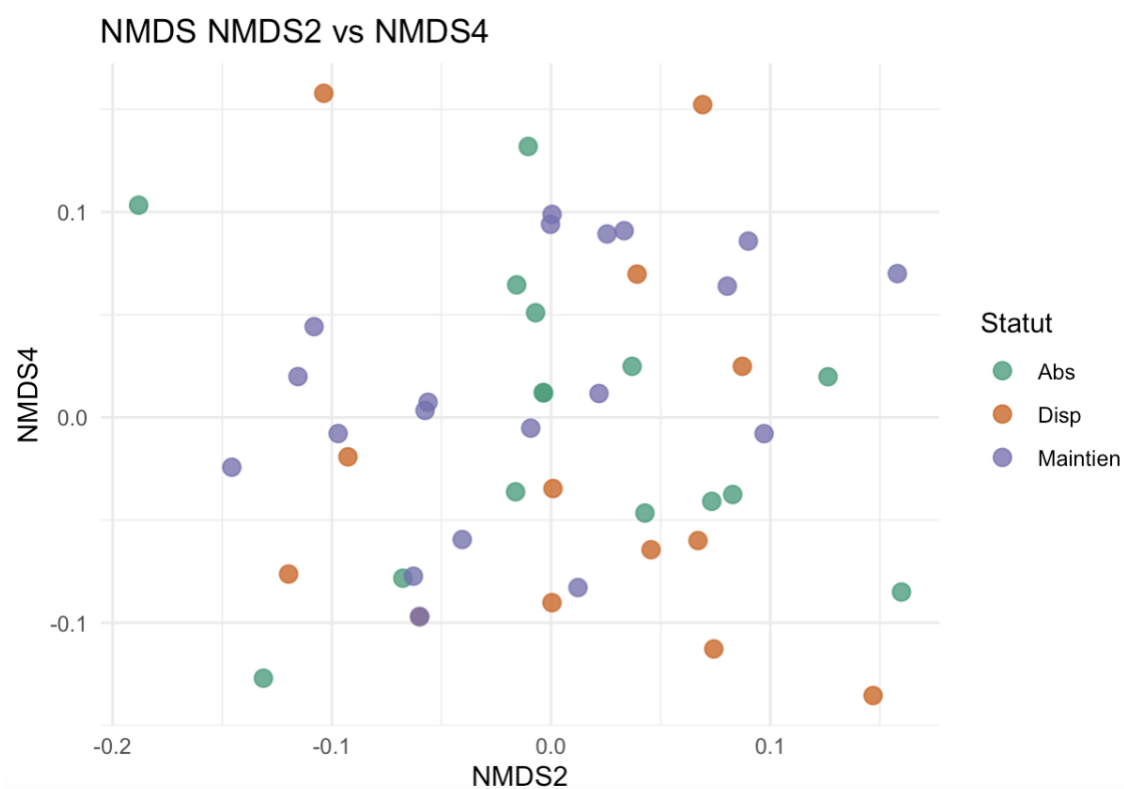


Figure 8 : Distribution des sites sur les axes 2 et 4 de la NMS à 4 axes en fonction de la catégorie de Statut

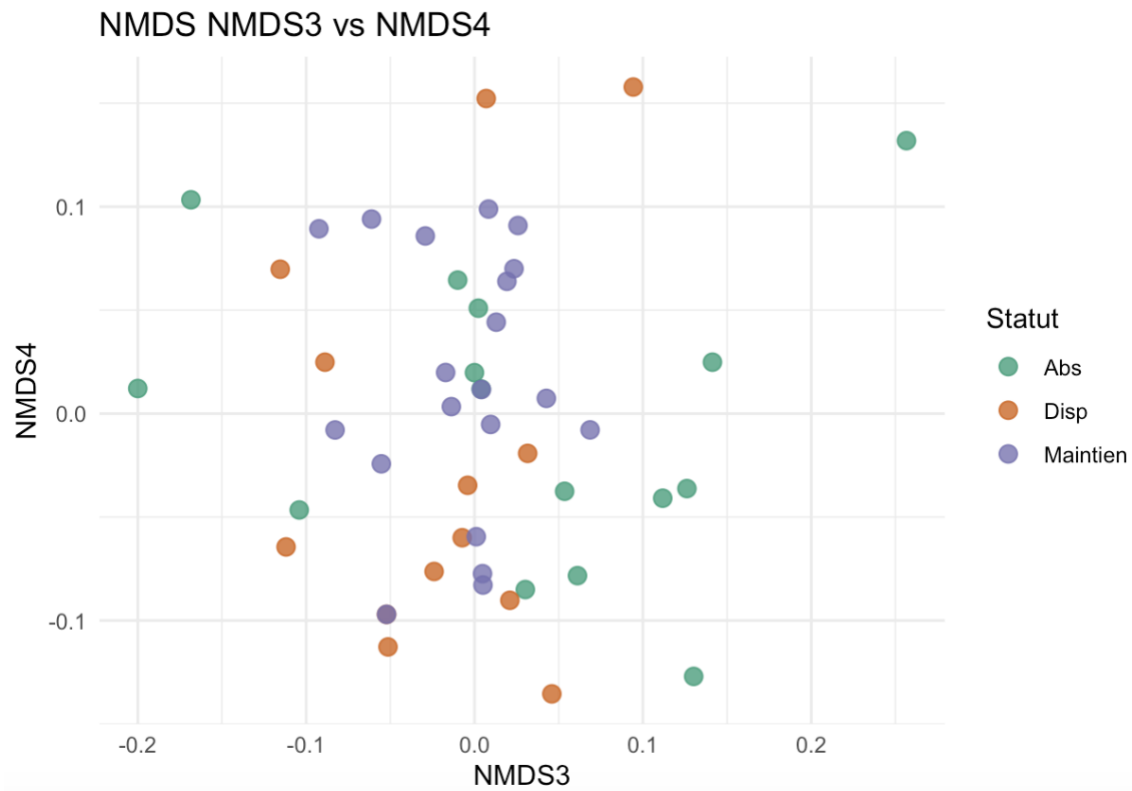


Figure 9 : Distribution des sites sur les axes 3 et 4 de la NMS à 4 axes en fonction de la catégorie de Statut

La procédure NMS à 4 axes affiche un score de stress de 0,1088407, avec la solution optimale retrouvée 6 fois malgré les 500 itérations, c'est donc la procédure d'ordination multidimensionnelle la plus stable et robuste que nous retiendrons au lieu des procédures à 2 et 3 axes qui affichent un score de stress supérieur (un stress compris entre 0 et 0,1 est considéré comme excellent, la dispersion des sites sur les axes est représentative des différences ou similitudes structurelles entre les sites, un score de stress compris entre 0,1 et 0,15 est considéré comme bon, un score de stress compris entre 0,15 et 0,20 est considéré comme acceptable et un score de stress supérieur à 0,2 est rejetable).

Par l'analyse graphique de la NMS (Figures 4 à 9), on observe une dispersion des sites en fonction de leurs catégories de Statut (Abs pour Absence, Disp pour disparition et Maintien pour maintien) visuellement homogène sur les axes 1, 2 et 4 de la NMS. On observe une aggrégation des sites Repro et Disp sur l'axe 3 (Figures 5, 7 et 9).

4.3) Comparaison de la dispersion des sites en fonction du Statut sur les axes de la NMS :

Le test de Levene ne révèle pas de différence significative de la variance des coordonnées des sites sur l'axe 1 de la NMS en fonction de la catégorie de statut ($F= 2,21$, $p=0,121$). Les variances Intra et Inter groupes sont donc similaires, cet axe ne nous permet pas d'observer de différence structurelle entre les sites de maintien, de disparition et d'absence de PGG.

Le test de Levene ne révèle pas de différence significative de la variance des coordonnées des sites sur l'axe 2 de la NMS en fonction de la catégorie de statut ($F= 0,0138$, $p= 0,986$). Les variances Intra et Inter groupes sont donc similaires, cet axe ne nous permet pas d'observer de différence structurelle entre les sites de maintien, de disparition et d'absence de PGG.

Le test de Levene ne révèle pas de différence significative de la variance des coordonnées des sites sur l'axe 4 de la NMS en fonction de la catégorie de statut ($F= 0,651$, $p= 0,526$). Les variances Intra et Inter groupes sont donc similaires, cet axe ne nous permet pas d'observer de différence structurelle entre les sites de maintien, de disparition et d'absence de PGG.

Le test de Levene révèle une différence significative de la variance des coordonnées des sites sur l'axe 3 de la NMS en fonction de la catégorie de statut ($F= 5,88$, $p= 0,0053$). Les variances Intra groupes sont plus faibles que les variances Inter groupes ce qui révèle sur cet axe une différence structurelle entre les sites de maintien, de disparition et d'absence de PGG.

Tableau 4 : Variables au coefficient de corrélation supérieure à 0,4 sur l'axe 3 de la NMS et résultats du test de Levene sur ces variables :

Variable	F-value	p-value
Arbres isolés entre 5 et 10m	0,769	0,469
Nombre de clôtures	0,624	0,541
Nombre de bosquets de plus de 15m	0,715	0,495
% Prairies améliorées	0,423	0,658
% Tourbières et marais	0,292	0,748

L'axe 3 de la NMS semble donc révéler une différence structurelle des sites expliquée par les abondances d'arbres isolés entre 5 et 10 mètres de hauteur par hectares, des bosquets d'arbres de plus de 15 mètres par hectares, du nombre de clôtures par hectares ainsi que de proportion de prairies améliorées et de tourbières et marais dans un périmètre de 500m autour du site. La comparaison des variances des variables fortement corrélées à l'axe 3 ne met pas en évidence de différence significative de la variance entre les 3 catégories de sites (Tableau 4).

4.4) Comparaison des caractéristiques paysagères des sites potentiellement favorables en fonction de leur statut.

Tableau 5: Résultats du test de Kruskal-Wallis sur les variables en fonction de la catégorie de Statut des sites

Variable	p-value
% Tourbières et marais	0.006
Rapport Périmètre/ Surface	0.009
Arbres et buissons isolés entre 2 et 5m	0.018
Bosquets entre 2 et 5m	0.021
Arbres de plus de 15m	0.063
Surface du site	0.065
Résineux isolés	0.091
Bosquets entre 10 et 15m	0.108
Bosquets total	0.121
Bosquets entre 5 et 10m	0.137
Feuillus isolés	0.217
Arbres et buissons entre 1 et 2m	0.223
Linéaire de clôture	0.229
Bosquets résineux	0.252
% Eaux courantes	0.252
% Pelouses silicoles sèches	0.308
% Forêts riveraines	0.316
% Eaux douces stagnantes	0.316
Arbres, arbustes et buissons isolés	0.319
Arbres entre 5 et 10m	0.367
Arbres entre 10 et 15m	0.384
% Plantation d'arbres	0.434
Bosquets de plus de 15m	0.479
Bosquets de moins de 1m	0.585
Buissons épineux isolés	0.612
% Prairies mésophiles	0.619

Variable	p-value
Bosquets buissonnants	0.635
% Zones anthropisées	0.65
% Villes, villages et sites industriels	0.655
% Forêts mixtes	0.666
% Cultures	0.732
% Landes sèches	0.798
% Prairies améliorées	0.83
% Fourrés	0.853
Bosquets entre 1 et 2m	0.933
Périmètre du site	0.965

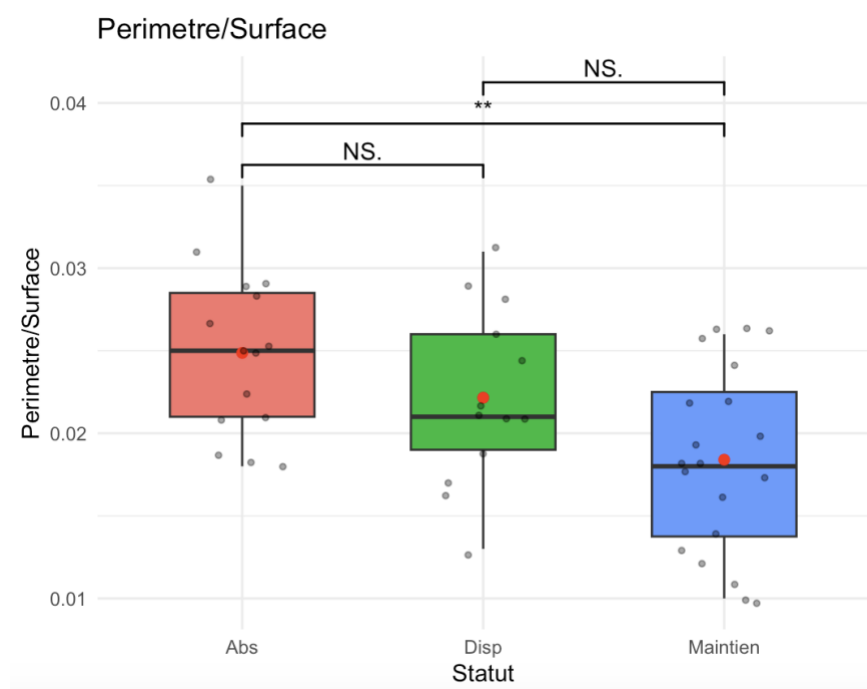


Figure 10 : Représentation graphique du rapport Périmètre/surface des sites en fonction de la catégorie de statut

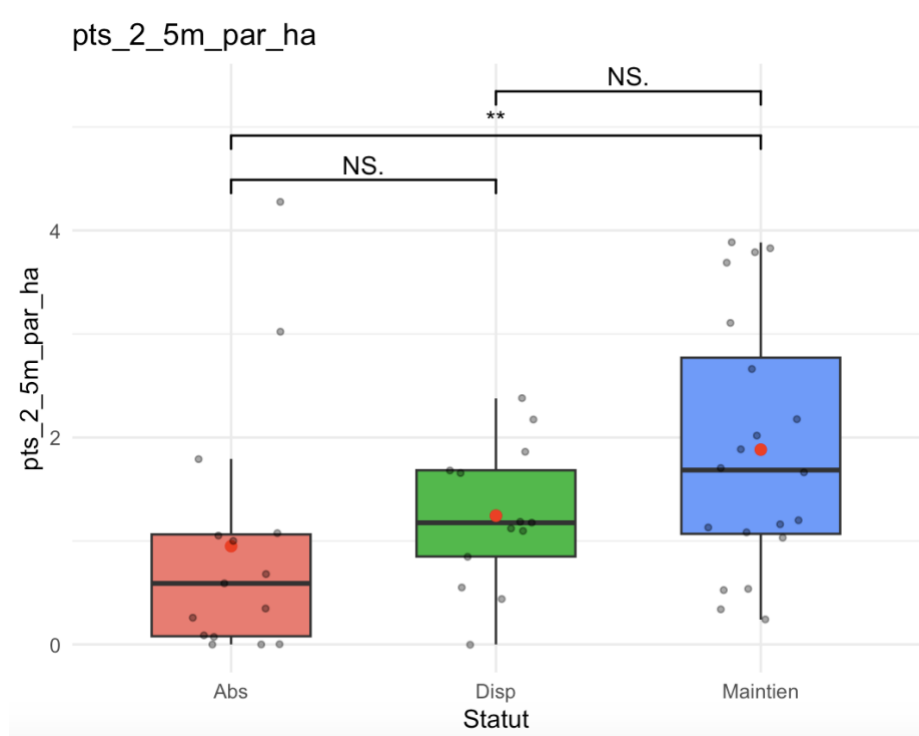


Figure 11 : Représentation graphique du nombre d'éléments paysagers isolés entre 2m et 5m par hectare en fonction de la catégorie de statut

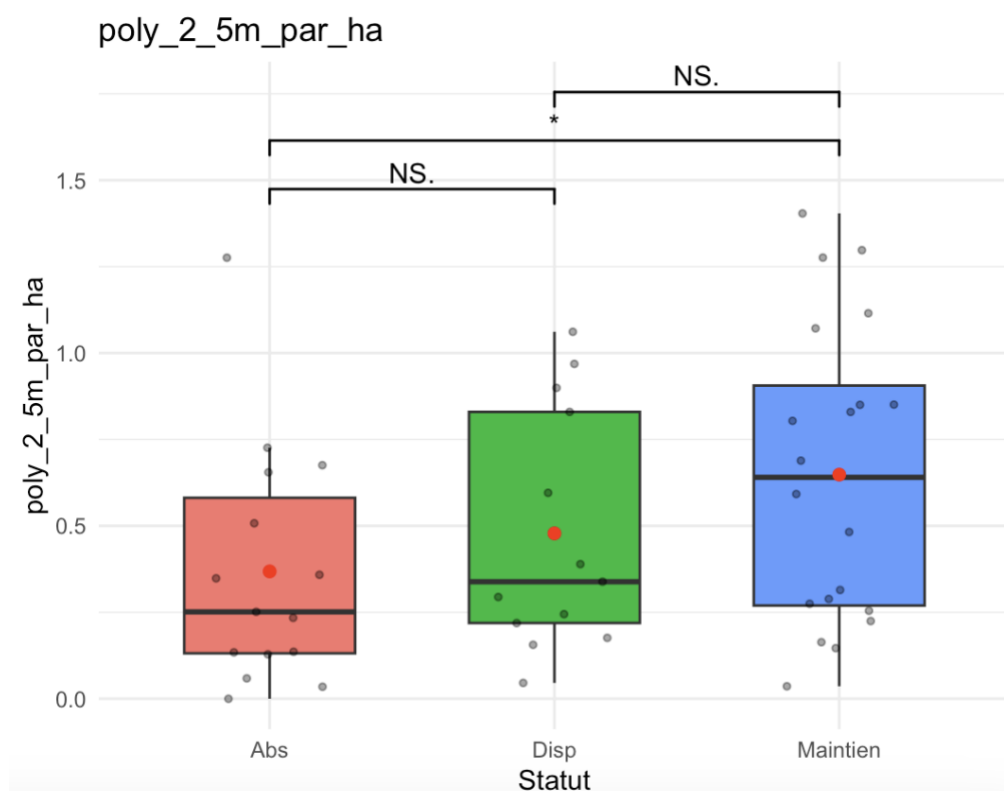


Figure 12 : Représentation graphique du nombre de bosquets entre 2 et 5 mètres de haut par hectare en fonction de la catégorie de statut

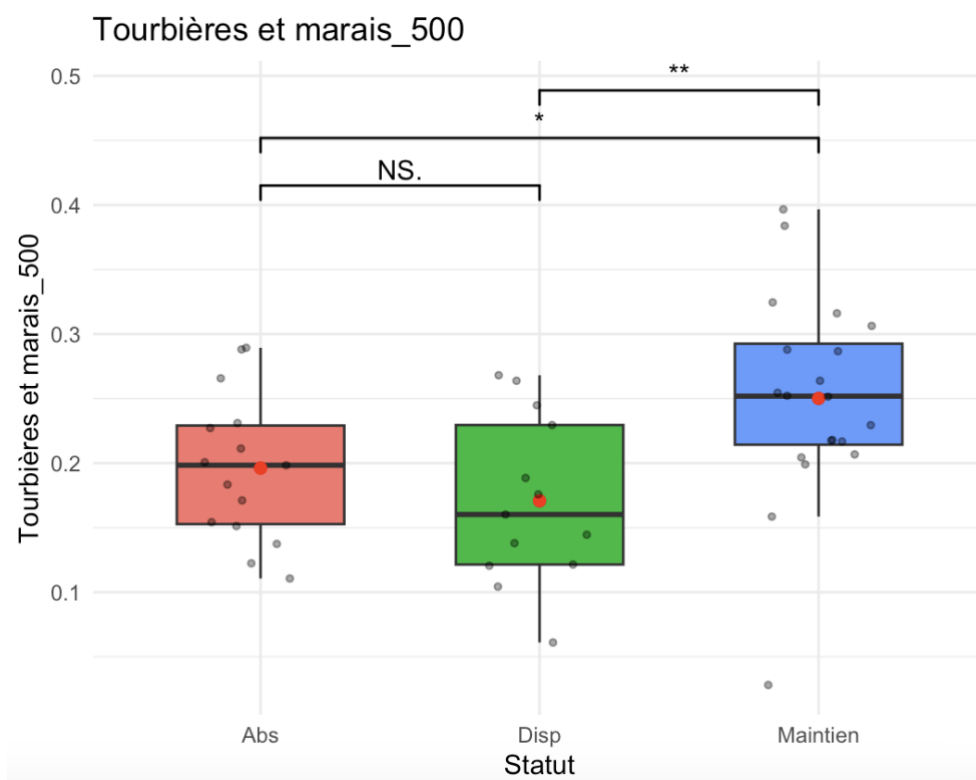


Figure 13 : Représentation graphique de la proportion de Tourbières et marais 500m autour des sites

Le test de Kruskal-Wallis révèle que seules quatre des variables paysagères que nous avons mesurées présentent des différences significatives entre les sites d'absence (Abs), de disparition (Disp) et de Maintien (Maintien) de la PGG.

Le rapport périmètre/ surface des sites est significativement plus élevé sur les sites où la PGG est absente que sur les sites où la PGG se maintient mais ce rapport ne diffère pas significativement entre les sites de disparition et les deux autres catégories de sites. Ces résultats suggèrent que la PGG s'installe sur des milieux favorables aux formes peu complexes (ovoïdes) mais ne permettent pas d'expliquer le maintien bien qu'on visualise graphiquement que les sites sur lesquels la PGG se maintient sont les sites aux formes les plus simples (Figure 10).

Le nombre d'arbres et buissons isolés de 2 à 5m de haut par hectare est significativement plus élevé sur les sites où la PGG se maintient que sur les sites où la PGG est absente mais le nombre de ces éléments ne diffère pas significativement entre les sites de disparition et les deux autres catégories de sites. Ces résultats suggèrent que la PGG s'installe sur des milieux favorables avec une densité élevée de perchoirs de 2 à 5m de haut mais ne permettent pas d'expliquer le maintien bien que l'on observe graphiquement que les sites sur lesquels la PGG se maintient sont ceux avec le plus de ces perchoirs (Figure 11).

Le nombre de bosquets de 2 à 5m de haut par hectare est significativement plus élevé sur les sites où la PGG se maintient que sur les sites où la PGG est absente mais le nombre de ces éléments ne diffère pas significativement entre les sites de disparition et les deux autres catégories de sites. Ces résultats suggèrent que la PGG s'installe sur des milieux favorables avec une densité élevée de bosquets de 2 à 5m de haut mais ne permettent pas d'expliquer le maintien (Figure 12).

La proportion de tourbières et marais dans un rayon de 500m autour du site n'est pas significativement différente entre les sites d'absence et de disparition de PGG mais des différences significatives existent entre les sites de maintien et les deux autres catégories avec des proportions plus élevées de tourbières et marais en périphérie des sites de maintien (Figure 13). Ces résultats soulignent l'importance de la conservation de ces milieux humides pour le maintien de la PGG sur la ZPS du PNRML.

A l'inverse, l'ensemble des autres variables testées, qu'il s'agisse de variables de compositions paysagères fines (nombre de bosquets/d'éléments paysagers isolés, linéaire de clôture, ect.) ou de variables d'occupation du sol périphérique, ne présentent pas de différences significatives entre les sites sur lesquels la PGG se maintient, a disparu ou n'a jamais été présente (tableau 5).

5) Discussion :

L'analyse multidimensionnelle non métrique ne permet pas de discriminer de façon nette les sites potentiellement favorables où la PGG se maintient, ceux dont elle a disparu et ceux où elle n'a jamais été inventoriée. En réalisant des tests de comparaisons des 3 catégories de sites pour chaque variables (paragraphe 4.4), les résultats mettent en évidence un effet significatif de la densité d'arbres, d'arbustes, de buissons et de bosquets de hauteur intermédiaire (2-5m) et la proportion de tourbières et marais dans un rayon de 500m sur l'absence de PGG. Ces résultats sont cohérents avec les préférences écologiques de la PGG décrites dans la littérature (LEFRANC, 1993), (CRAMP & al, 1993), notamment en matière de structures favorisant la chasse à l'affût.

Cependant, la plupart des variables comparées entre les 3 catégories de sites ne montrent pas de différences significatives. Ce constat, ainsi que celui de l'approche multidimensionnelle intégrant l'ensemble des variables mesurées, diffèrent de ceux obtenus dans l'étude de la population de PGG de la plaine d'Ambert (HEINERICH & al, 2018). En effet, par une modélisation linéaire intégrant les interactions entre composition d'occupation du sol et structures paysagères sur les domaines vitaux des couples de PGG, cette étude avait mis en évidence une influence significative de ces interactions sur la probabilité de présence d'un couple de PGG sur un domaine vital favorable. Il convient toutefois de rappeler que l'échantillon de couples de PGG de la plaine d'Ambert était, à l'image de la population du plateau de Millevaches, de taille réduite. La construction du modèle linéaire dans cette étude de la plaine d'Ambert s'est faite par le biais d'une pseudo-réplication des territoires occupés. Un site occupé plusieurs années consécutives a été intégré autant de fois dans l'analyse que d'années au cours desquelles il a été observé, sans pour autant que les variables paysagères aient changé. Ce problème méthodologique entraîne un poids trop important de certains sites par rapport à d'autres et la significativité des résultats obtenus est par conséquent hautement problématique.

De plus, il est important de souligner que la plupart des études de l'habitat de la PGG se sont limitées à la description des sites occupés, sans inclure de comparaison mesurée avec des sites où l'espèce est absente. Cette absence de groupe contrôle nuit à la capacité d'identifier des facteurs réellement discriminants dans la sélection de l'habitat.

L'un des apports majeurs de notre étude repose justement sur l'approche comparative entre sites de présence, d'absence et de disparition, permettant une évaluation fine des

déterminants paysagers potentiels. Cette approche a pu être mise en place grâce à l'identification des sites favorables à la PGG en période de reproduction (MENICHINI, 2024), à la cartographie des habitats du PNRML et à des prospections appuyées sur la zone d'étude permettant une base de données PGG de Faune-France riche et précise. Toutefois, plusieurs limites doivent être considérées.

Tout d'abord, la faible taille de l'échantillon de couples reproducteurs réduit fortement la puissance statistique des analyses. Cette contrainte d'effectif limite le choix des procédures statistiques à appliquer et augmente le risque de biais d'échantillonnage.

De plus, le travail repose sur des données de présence/absence à l'échelle du site, ce qui ne permet pas de s'assurer que l'ensemble de la surface favorable soit effectivement exploitée par les individus. Un site considéré comme occupé peut en réalité n'être que partiellement utilisé.

Une étude à l'échelle fine du domaine vital de chaque couple fournirait des résultats plus précis et interprétables, mais nécessiterait un effort d'observation extrêmement chronophage et coûteux en nombre d'observateurs, notamment pour suivre les déplacements journaliers de chaque couple sur la période reproduction. Le recours à la télémétrie qui permettrait de pallier cette difficulté est difficilement envisageable au vu du coût élevé du matériel et des faibles effectifs disponibles (une infime probabilité de dérangement des dynamiques de populations par la mise en place de ce protocole accentuerait le déclin de cette population de PGG). Cela pose le problème récurrent de l'intérêt que l'on porte aux espèces au seuil de l'extinction : donc d'un intérêt trop tardif pour permettre de comprendre les causes du déclin.

La Pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*, PGE), l'une des 5 espèces concernées par le PNA PG, a un comportement de chasse à l'affût et donc besoin de structures paysagères proches des besoins de la PGG en période de reproduction mais semble moins exigeante en termes de sélection d'habitat. Contrairement à la PGG, la PGE est une espèce migratrice avec un domaine vital plus restreint de 1 à 4ha (LEFRANC, 1993), ce qui semble surprenant pour une espèce qui se nourrit et chasse comme la PGG (la PGG consomme une part plus importante de micromammifères que la PGE, mais cette différence semble grandement expliquée par son régime alimentaire hivernal), mais pourrait lui permettre une meilleure résilience face à la fragmentation des habitats.

Un facteur écologique potentiel expliquant cette différence de tendance des effectifs est la pression anthropique différenciée sur les deux espèces de pie-grièche sur le territoire. La PGG est présente sur les sites de reproduction dès le début du printemps (à partir de mi-février), et est donc en place lors de la sortie des troupeaux d'ovins des bergeries, période à laquelle les

traitements antiparasitaires vétérinaires sont les plus concentrés. Or ces traitements (notamment à base d'ivermectine) ont un effet avéré sur la mortalité des invertébrés coprophages et sur les réseaux trophiques associés (SANCHEZ-BAYO & WYCKHUYS, 2019). A cette même période, la PGG est encore absente du territoire (elle n'arrive que courant mai sur le plateau de Millevaches), ce qui pourrait expliquer pourquoi elle n'est pas aussi exposée à ces pressions que la PGG.

De plus, la pratique dominante sur le plateau de Millevaches depuis la déprise agricole et la raréfaction du pastoralisme est désormais la sylviculture, secteur dans lequel les traitements phytosanitaires, y compris les insecticides systémiques, sont de plus en plus employés. Les impacts réels sur la biodiversité associée et voisine de ces pratiques culturelles n'étant à ce jour que peu documentés, c'est une hypothèse qui pourrait constituer un élément explicatif du déclin de la PGG sur la ZPS du PNRML.

Une autre hypothèse forte pouvant expliquer le déclin, la contraction de l'aire de répartition et l'augmentation des domaines vitaux de la PGG, mise en avant dans plusieurs études sur la PGG (BLOND, 2012), (BUISSON, 2012), (NOTTELET, 2022) concerne la disponibilité en ressources trophiques. La PGG est un carnivore dont la reproduction est particulièrement dépendante d'un apport régulier en micromammifères, insectes (notamment en coléoptères et orthoptères) et reptiles comme le Lézard vivipare (*Zootoca vivipara*). Or les données indiquent un effondrement des communautés d'insectes en Europe ces dernières décennies : les études synthétisées dans le rapport IPBES (2019) estiment un déclin d'environ 75% de la biomasse d'insectes volants (HALLMANN & al., 2017).

Dans ce contexte, le besoin accru de ressources alimentaires pourrait contraindre la PGG à élargir son domaine vital, ce qui expliquerait que les grands sites (>50ha) aient une probabilité d'être occupés de manières stables que les petits comme l'a démontré MENICHINI (2024) sur le même territoire.

A ce jour, seule la surface des habitats favorables semble constituer un facteur déterminant avéré dans la répartition et le maintien de la PGG sur le plateau de Millevaches. Les éléments paysagers présents dans les sites et leur environnement proche, bien qu'importants fonctionnellement (perchoirs, supports de nidification, lardoirs), ne montrent que peu d'effets discriminants clairs entre les sites occupés, inoccupés ou abandonnés.

La proximité entre sites favorables (proportion de tourbières et marais dans un rayon de 500m autour des sites), et donc leur surface cumulée, pourrait jouer un rôle clé dans le fonctionnement populationnel de la PGG à l'échelle du plateau. Cela appuie l'intérêt des stratégies de conservation et de restauration de grands ensembles d'habitats oligotrophes pour la PGG, mais également pour toutes les espèces inféodées à ces milieux.

A l'avenir, des approches plus fines intégrant la disponibilité en proies, l'analyse du paysage fonctionnel et la dynamique temporelle des traitements agricoles et sylvicoles seraient nécessaires pour identifier et hiérarchiser les causes du déclin de la PGG. Afin de dépasser les limites actuelles et caractériser au mieux l'utilisation du territoire par la PGG en période de reproduction, un effort national de standardisation des suivis à l'échelle des domaines vitaux serait essentiel. Enfin, la PGG est la seule espèce de pie-grièche française qui ne migre pas. Il serait intéressant d'étudier son utilisation du territoire et l'adaptation de son régime trophique pendant les conditions hivernales, pour induire de nouvelles hypothèses potentiellement révélatrices de problèmes rencontrés par la PGG en dehors de la période de reproduction et impactant les dynamiques de population.

6) Bibliographie :

- Blond, K. (2012). Biologie de la Pie-grièche grise (*Lanius excubitor*) en Auvergne.
- Buisson, P.-B. (2012). Les Pies-grièches grises et l'agriculture sur le plateau de Millevaches (p. 33).
- Bonferroni, C. E. (1936). Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità. Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze, 8, 3–62.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., & Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS ONE, 12(10), e0185809.
- Cramp, S., Perrins, C. M., & Brooks, D. J. (Eds.). (1993). Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: The birds of the Western Palearctic (Vol. 7). Oxford University Press.
- Bowler, D. E., Heldbjerg, H., Fox, A. D., de Jong, M., & Böhning-Gaese, K. (2019). Long-term declines of European insectivorous bird populations and potential causes. Conservation Biology, 33(5), 1120–1130.
- Dehem, C. (2018). La Pie-grièche grise (*Lanius excubitor*) en Wallonie: Statut en 2016, dynamiques de populations et mesures de conservation (Document de travail, p. 104). Service public de Wallonie.
- Gaget, E., Chiron, F., Jiguet, F., & Devictor, V. (2023). The disappearance of insectivorous birds in Europe. Biological Conservation, 278, 109885.
- Fontaine, B., Moussy, C., Chiffard-Carricaburu, J., Dupuis, J., Corolleur, E., Schmaltz, L., & Lorrillière, R. (2021). Suivi des oiseaux communs en France 1989–2019: 30 ans de suivis participatifs.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In I. Olkin (Ed.), Contributions to probability and statistics: Essays in honor of Harold Hotelling (pp. 278–292). Stanford University Press.
- Heinerich, S., Rollant, C., & Renaux, A. (2018). Observatoire et plan d'action en faveur de la Pie-grièche grise dans la plaine d'Ambert: Rapport final 2017–2018. LPO Auvergne.

- Hervé, T., & Dussouchaud, O. (2024). Plan national d'actions en faveur des pies-grièches (*Lanius* sp.) 2023–2032. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services.
- Issa, N., & Muller, Y. (2015). Atlas des oiseaux de France métropolitaine: Nidification et présence hivernale (Vol. 2). Delachaux et Niestlé.
- Kruskal, J. B. (1964). Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika*, 29(2), 115–129.
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583–621.
- Lefranc, N. (1999). Pie-grièche grise. In G. Rocamora & D. Yeatman-Berthelot (Eds.), *Oiseaux menacés et à surveiller en France – liste rouge et priorités*. LPO/SEOF.
- Lefranc, N. (1993). Les pies-grièches d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé.
- Menichini, Q. (2024). Les déterminants de la répartition et du déclin de la Pie-grièche grise en Limousin.
- Nottellet, S. (2022). Rapport final 2020–2022: Connectivité des habitats de la Pie-grièche (*Lanius excubitor*) au sein du PNR Livradois Forez (p. 26). LPO Auvergne.
- Nottellet, S., Renaux, A., & Guillaumon, L. (2022). Répartition de la ressource alimentaire de la Pie-grièche grise en plaine d'Ambert: Caractérisation des prairies les plus profitables (Rapport final 2020–2022, p. 55). LPO Auvergne.
- Inger, R., Gregory, R., Duffy, J. P., Stott, I., Vorisek, P., & Gaston, K. J. (2015). Common European birds are declining rapidly while less abundant species' numbers are rising. *Ecology Letters*, 18(1), 28–36.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27.
- SEPOL. (2013). Atlas des oiseaux du Limousin: Quelles évolutions en 25 ans ? Biotope.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3–4), 591–611.

Steinmetz, M., Coppes, J., & Schneider, S. (2019). Hunting habitat selection of breeding great grey shrikes (*Lanius excubitor*) in Luxembourg. *Journal of Ornithology*, 160(3), 785–796.