



**Direction régionale de l'environnement, de  
l'aménagement et du logement des Hauts-  
de-France**

## 1<sup>ère</sup> Rencontres de l'Observatoire des EnR et de la Biodiversité

# Effets du cumul d'éoliennes sur la diversité et l'abondance des populations d'oiseaux en milieu agricole dans les Hauts-de-France

Lundi 12 mai 2025

Sylvain Moulherat (TerrOïko), Mélodie Kunegel-Lion (TerrOïko), Thomas Busschaert (Auddicé), Elsa Furlan (Auddicé), Jérémy Hetzel (DREAL), Nicolas Valet (Auddicé) & Bénédicte Lefèvre (DREAL)

[sylvain.moulherat@terroiko.fr](mailto:sylvain.moulherat@terroiko.fr)



## Scénario: Intégré – traitement équilibré des limites planétaires



### THIS SCENARIO RELIES ON SYSTEMATIC SEARCH OF SOLUTIONS FOR EVERY CHALLENGES.

In the 2020's, strong political will make cross-sectoral planning and stakeholders cooperation the two main principles of their programs. In terms of regulations, a strong work has been made to harmonise regulations for more cooperation efficiency and cross-sectoral implementation. In the TI sector, the collective transport as a service becomes the norm and TI companies develop cooperative business models in order to facilitate the multimodal shift. Local and circular economy is promoted. Meanwhile, public and private funding are allocated both on new and existing TI and sustain a real-time risk management that anticipates the climate change adaptations and the needs of biodiversity protection. Synergies between Nature-Based Solutions and ecological connectivity goals are found in the design and adaptation of the habitat related to infrastructure.

INVESTMENT €€€

INFRASTRUCTURE CLIMATE CHANGE BIODIVERSITY

### EXPECTED IMPACT ON BIODIVERSITY

Defragmentation	😊
Natural habitats related to TI	😊
Rare species conservation	😊
Invasive species control	😊
Climate change impact	😊
Variability between local areas	

### + Desirable

The scenario 4 emphasizes that planning and cooperation are strong drivers for an efficient sobriety in terms of the use per capita of the natural resources (in mobility, in TI design and maintenance, in the landscape management, etc.).

It also points out them as main drivers for effective biodiversity protection.

The participants highlight the necessity of a top-down process with first political decisions & specific fundings. Public is involved in the decision-making through science-based indicators.

### - Undesirable

The resistance to change is a main ticking point. As a result, strong political willingness is compulsory.

Features of this scenario appear utopic to some participants as it is supported by radical changes in mobility, in society, etc.

### EXPECTED IMPACT ON BIODIVERSITY

Defragmentation	😊
Natural habitats related to TI	😊
Rare species conservation	😊
Invasive species control	😊
Climate change impact	😊
Variability between local areas	

### - Undesirable

The resistance to change is a main ticking point. As a result, strong political willingness is compulsory.

Features of this scenario appear utopic to some participants as it is supported by radical changes in mobility, in society, etc.



### THIS SCENARIO FOLLOWS THE BUSINESS AS USUAL TRENDS.

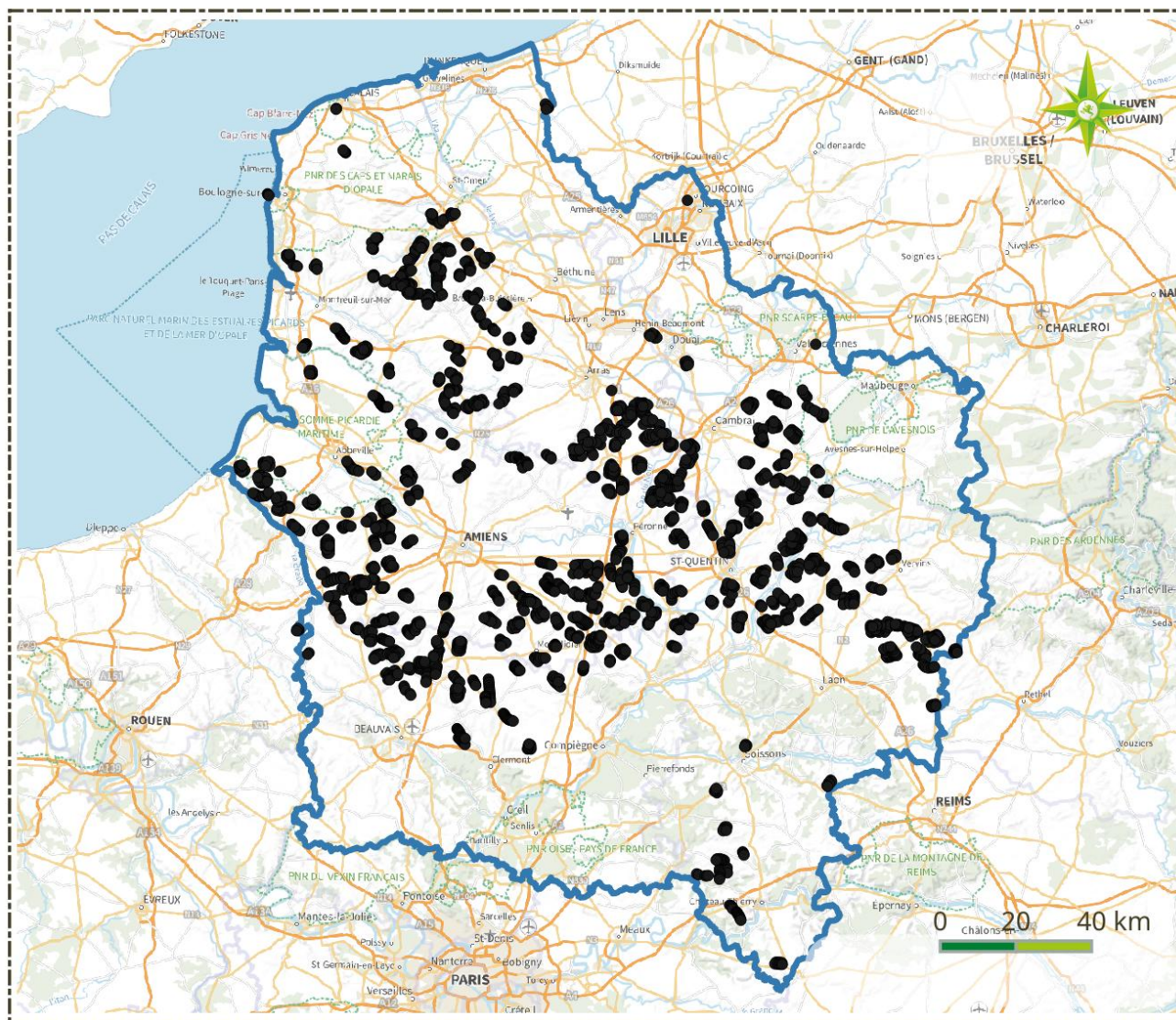
Even though biodiversity issues look more and more policies in terms of biodiversity restoration. During advantages in terms of lowering carbon emissions situation. In the TI sector, this situation results in a data is collected but poorly exploited for improving or Renewable energy solutions, private funding and health problems.



# Contexte général | Répartition des éoliennes dans les Hauts-de-France

## Quelques spécificités

- Première région de production éolienne française
- 28% de la production éolienne française



# Contexte de l'étude | Étude relative aux effets cumulés en matière de développement éolien en région Hauts-de-France

## ÉTUDE RELATIVE AUX EFFETS CUMULES EN MATIERE DE DEVELOPPEMENT EOLIEN EN REGION HAUTS-DE-FRANCE

DREAL Hauts-de-France

Rapport final – V3



**TerrOïko**  
Ingénierie écologique & nouvelles  
technologies  
[www.TerrOïko.fr](http://www.TerrOïko.fr) [LinkedIn](#)  
[ResearchGate](#)  
+33 (0)5 81 60 06 96  
2 Place Dom Devic, BP 26, 81540  
Sorèze, FRANCE

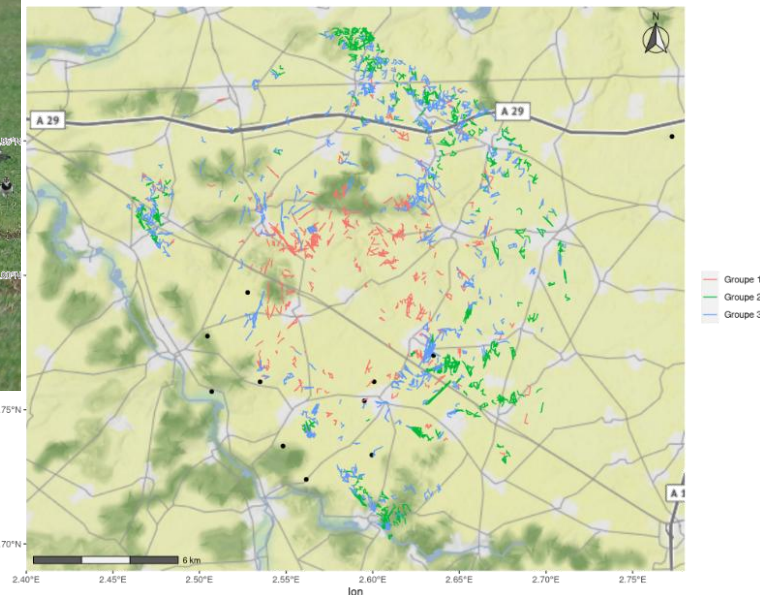


PRÉFET  
DE LA RÉGION  
HAUTS-DE-FRANCE

DREAL HAUTS-DE-FRANCE

## Travaux présentés sont une partie des travaux conduits dans le cadre d'un accord-cadre porté par la DREAL HdF :

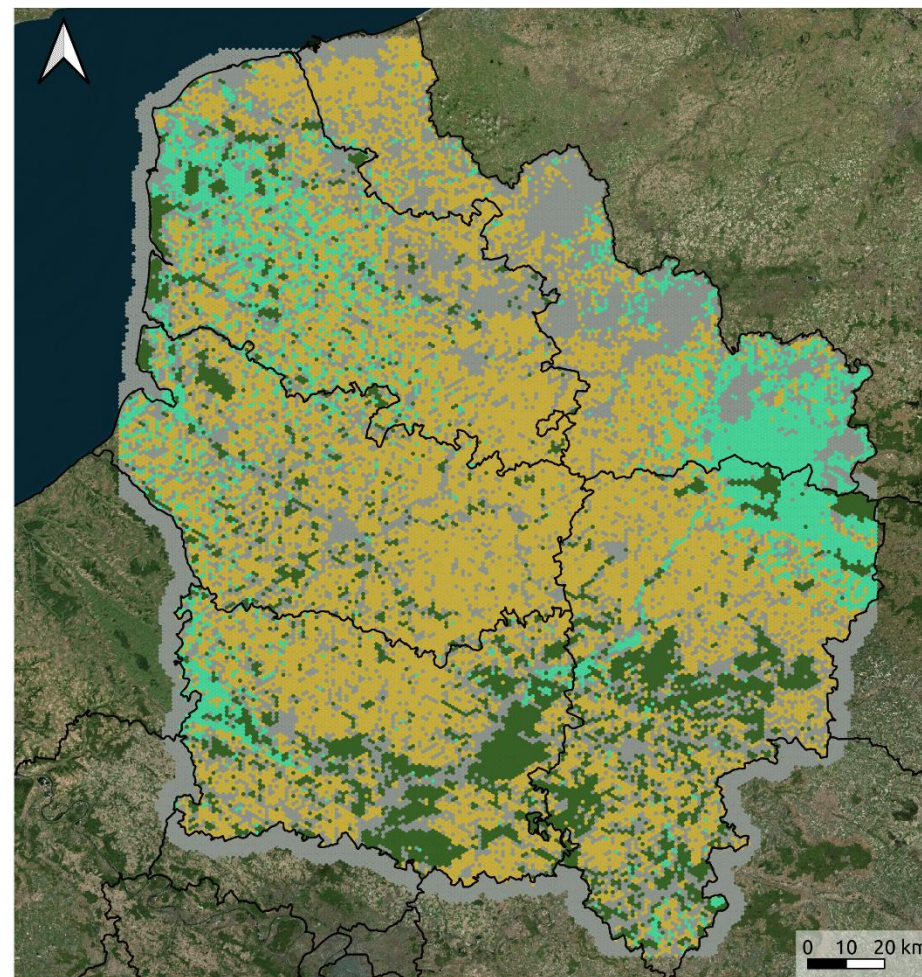
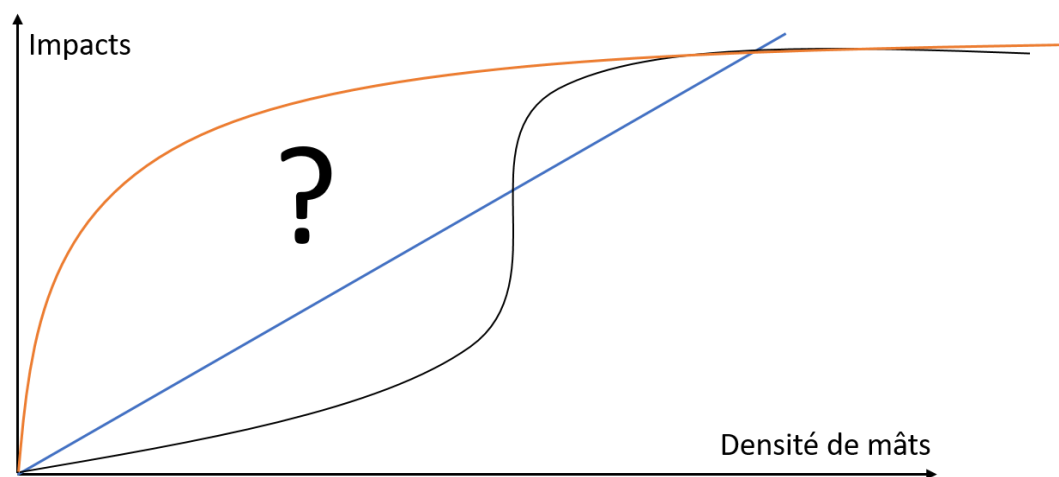
- Pilotage mission et réalisation terrain – Auddicé
- Conception et analyse de données – TerrOïko
- Étude Radar – Sens Of Life





## Objectifs des travaux | Qualification de l'effet de la densité d'éoliennes

*Quel est l'effet de la densité d'éoliennes sur la diversité / abondance des oiseaux nicheurs dans les milieux agricoles des Hauts-de-France?*



# Méthodologie générale | Écologie du paysage

Stratégie  
d'échantillonnage



Analyse multivariée et  
sélection de variables



Modèles linéaires  
généralisés

Zuur, A. F., E. N. Ieno, N. Walker, A. A. Saveliev, and G. M. Smith. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, NY.

Zuur, A. F., E. N. Ieno, and C. S. Elphick. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution* 1:3–14.

Smith, E. R. 2002. BACI Design. In : El-Shaarawi, A.H. and Piegorisch. Pages 141–148 *Encyclopedia of Environmetrics*. Chichester.

# Stratégie d'échantillonnage | Objectif et stratégie

## **Objectif:**

*S'assurer que les données collectées permettront de répondre à la question posée grâce aux analyses statistiques appropriées.*



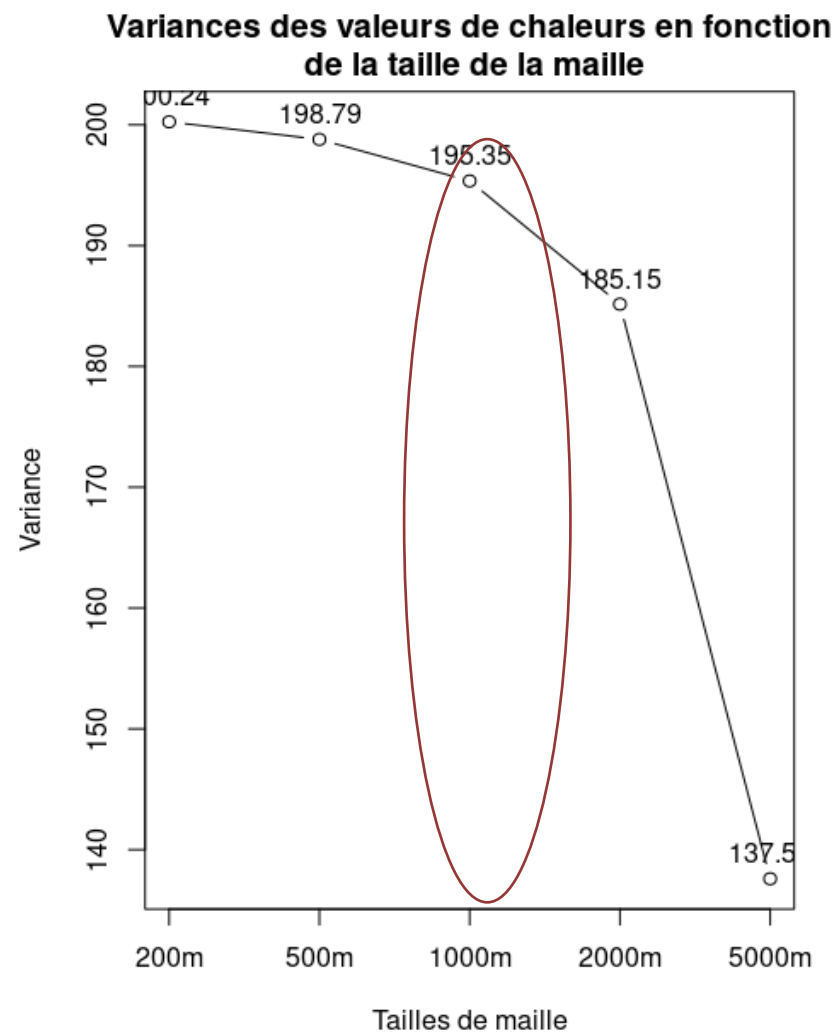
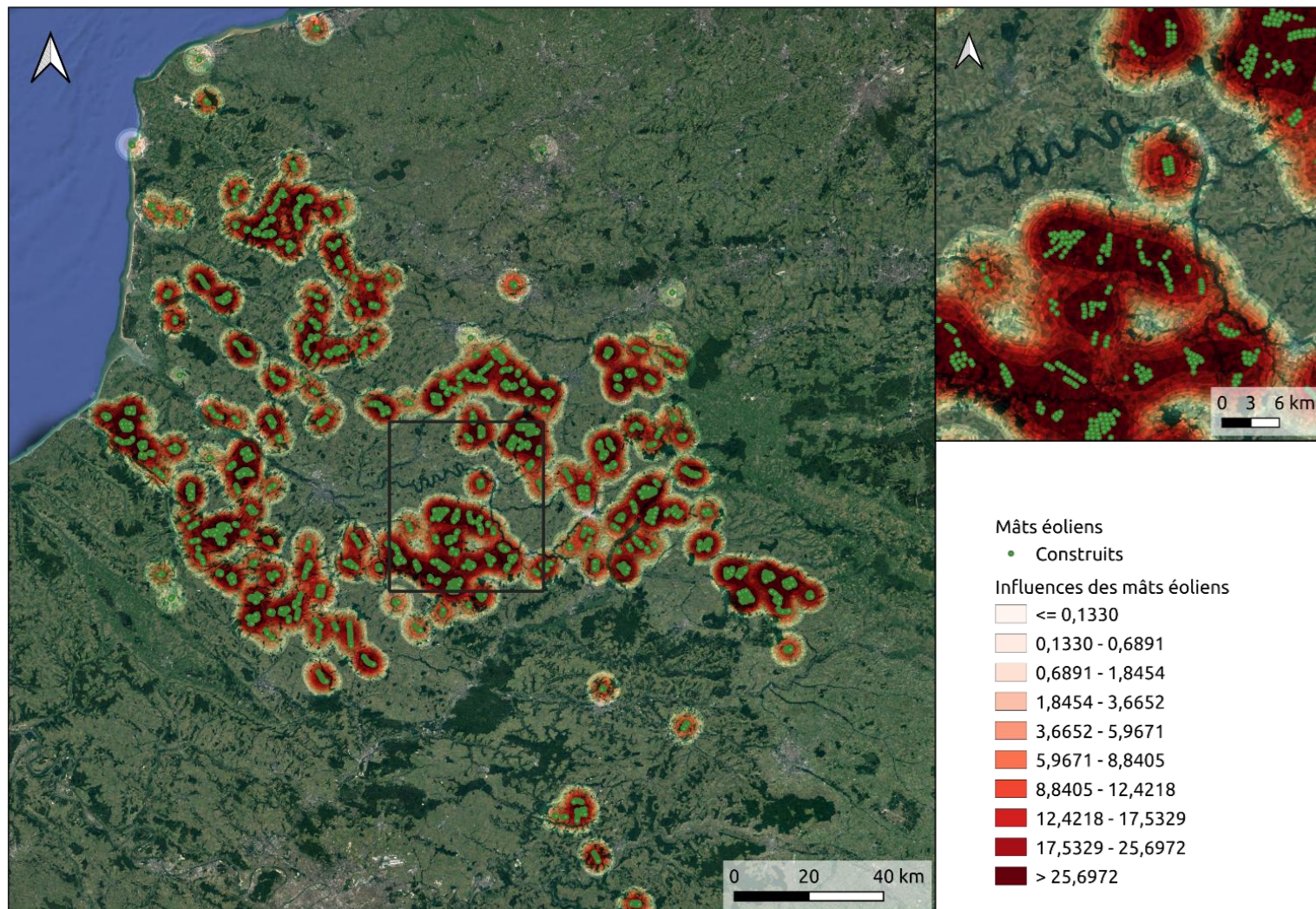
Compromis : entre le nombre d'échantillons (~360) et le nombre de variables à intégrer à l'analyse

## **Stratégie générale:**

- \* *Maximiser la représentativité des points d'échantillonnages*
- \* *Prioriser la qualification des points d'inflexion des courbes attendues*
- \* *Éviter dans la mesure du possible les « outlier » dès l'échantillonnage*

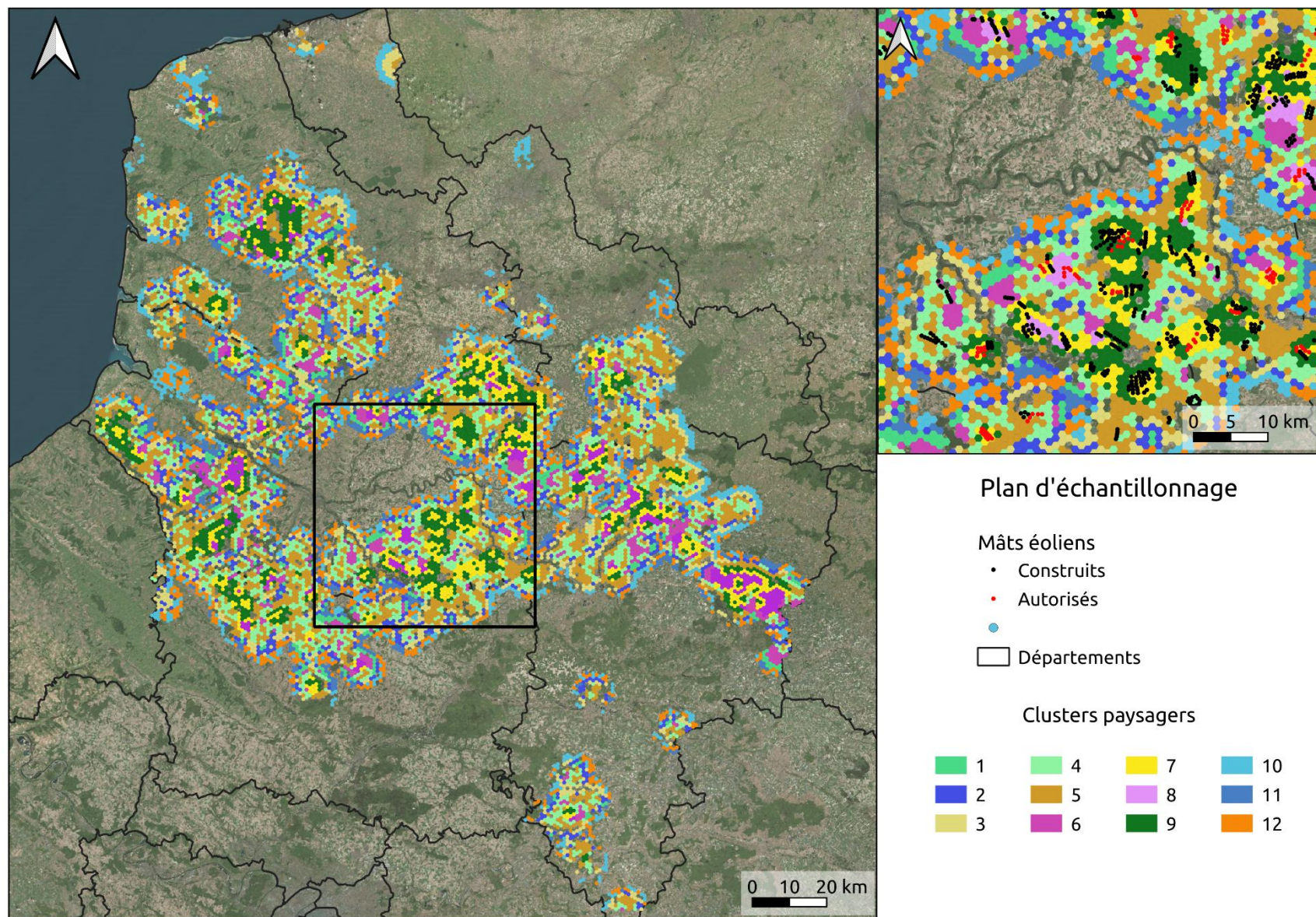


# Qualification du cumul | Intensité de l'effet d'accumulation





## Description du paysage | Clustering paysager

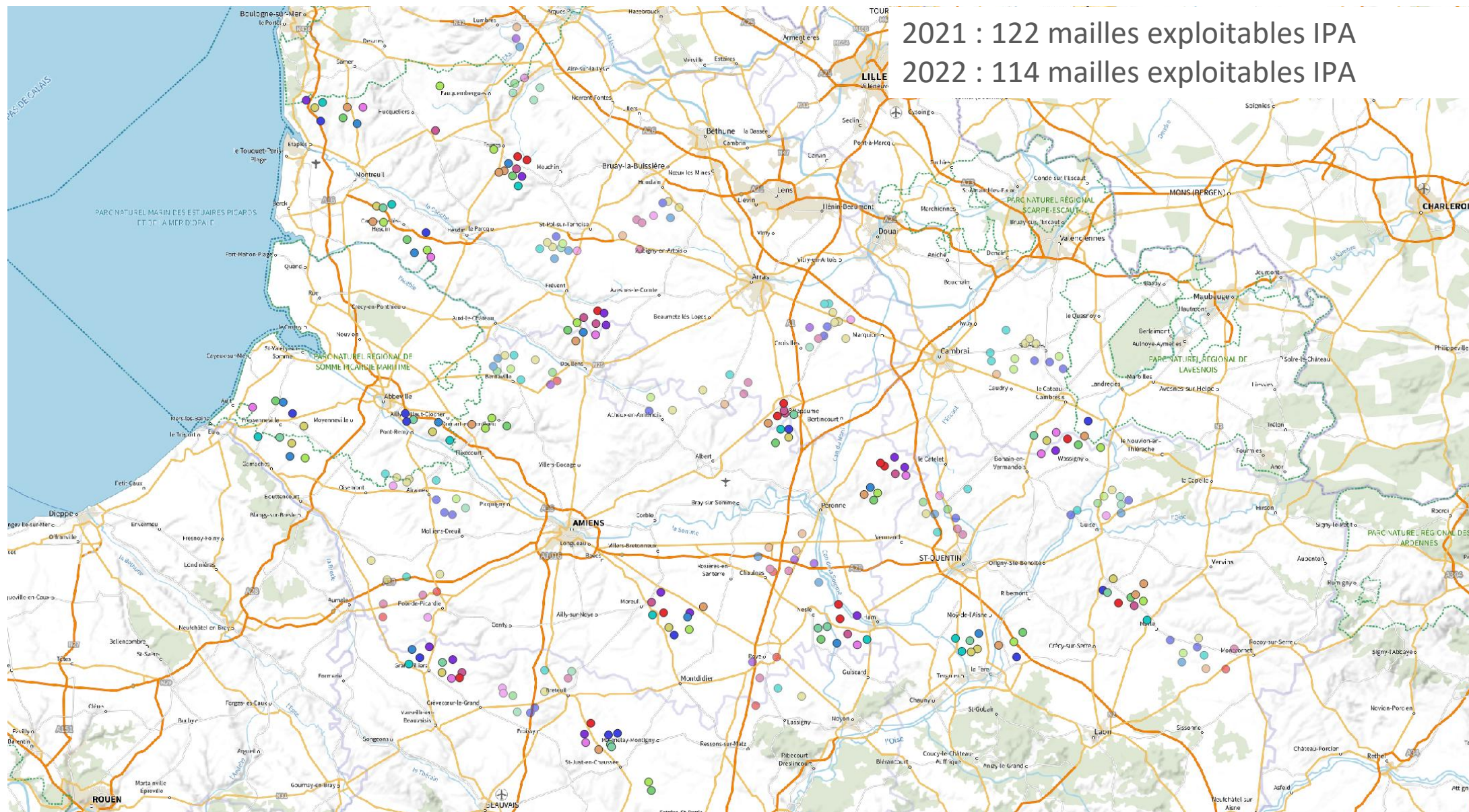


Chaque maille est caractérisée par :

- surface des différents groupes de culture du RPG
- surface de forêt (BD Forêt)
- surface en eau (BD Topo)
- médianes/écart-type des distances aux bâtis
- médianes/écart-type des distances aux forêts
- médianes/écart-type des distances au réseau hydrographique
- médianes/écart-type des distances aux routes
- valeur moyenne des pollutions lumineuses de la maille



# Plan d'échantillonnage | 2021-2022





# Protocole d'échantillonnage | IPA simplifié

## **Conditions d'écoute:**

- \* ~200 m éolienne
- \* ~10 m haie ou lisière forestière
- \* Durée de 10 min
- \* Observateurs constants entre années

## **Période d'écoute:**

- \* 15 avril – 15 mai nicheurs précoces
- \* 15 mai – 15 juin nicheurs tardifs

## **Variables collectées :**

- \* Diversité / abondance oiseaux
- \* Coordonnées GPS (-> qualification quantitative du contexte paysager et éolien)
- \* Conditions météo
- \* Observateur
- \* Date



# Préparation de l'analyse | Variables explicatives envisagées

Variable	Description	Unités	Source
Heat*	Densité d'éoliennes		BDD DREAL
Area_Forest*	Surface couverte par des boisements ou forêts	m <sup>2</sup>	BD FORET (IGN)
Area_Water*	Surface couverte par des lacs, étangs, ou mares	m <sup>2</sup>	BD TOPO (IGN)
Area_Agri*	Surface couverte par des cultures	m <sup>2</sup>	RPG (IGN)
Light	Intensité de la pollution lumineuse diffuse	mag/arcsec <sup>2</sup>	DarkSkyLab
Hedgerow_type	Type de haie	Friche arbustive ; Boisement ; Haie ; Boisement et Haie	Terrain Auddicé
Hedgerow_length*	Longueur de haie dans les 200m autour du point de mesure	m	Terrain Auddicé
Wood_Coverage_200m*	Surface couverte par des boisements ou forêts dans un rayon de 200 m autour de la maille	%	BD FORET (IGN)

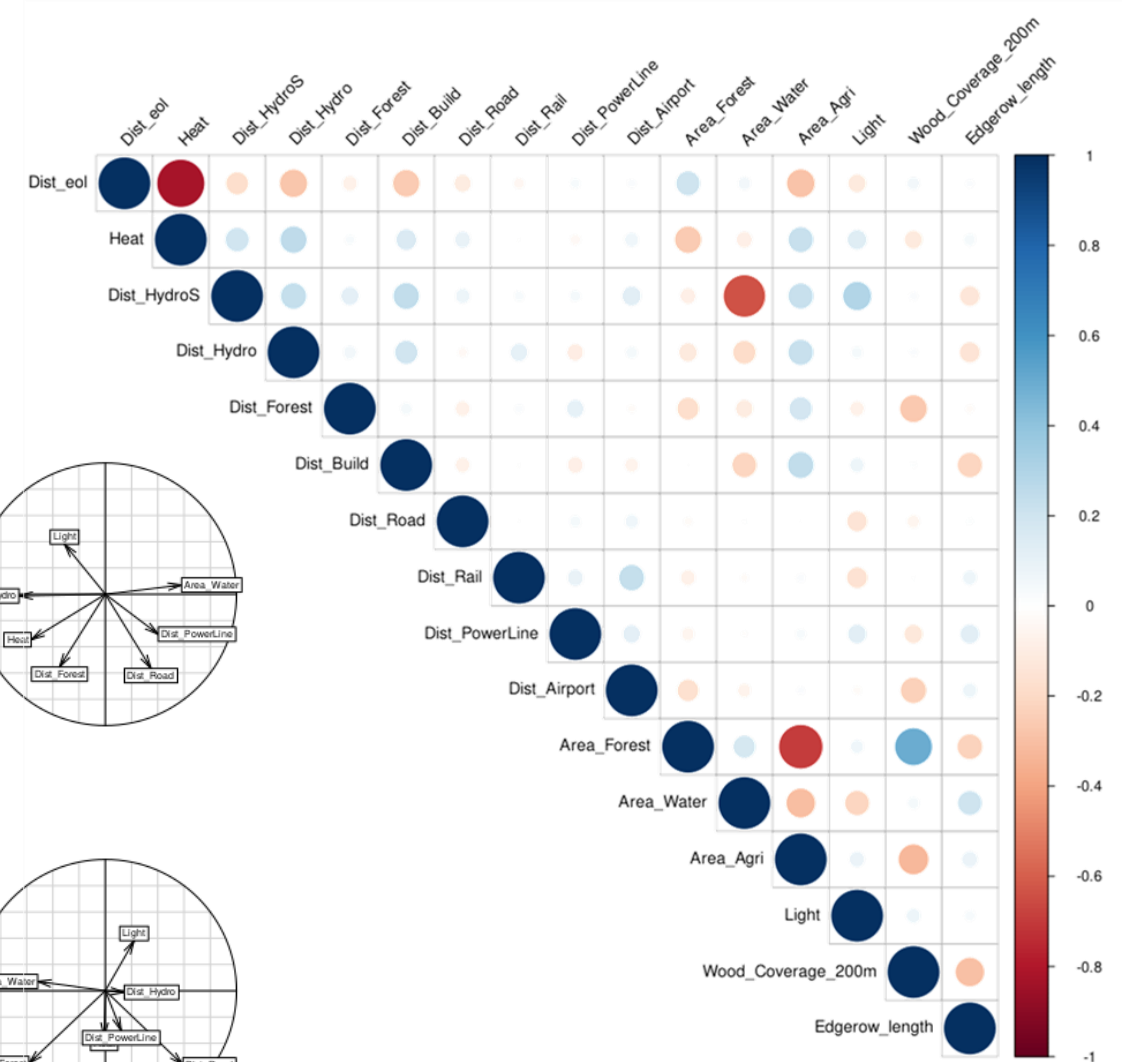
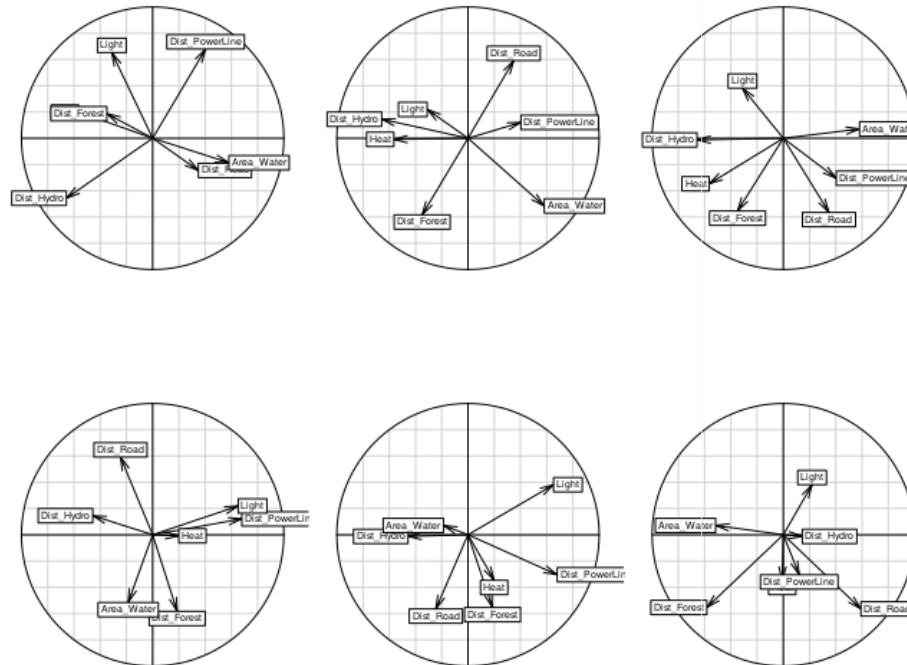
Variable	Description	Unités	Source
Wind_strength	Vitesse du vent lors de l'observation à chaque passage	m/s	Terrain Auddicé
Wind_dir	Direction du vent lors de l'observation à chaque passage	S/N/E/O	Terrain Auddicé
Nebulosity	Couverture nuageuse lors de l'observation à chaque passage	%	Terrain Auddicé
Visibility	Visibilité lors de l'observation à chaque passage	m	Terrain Auddicé
Temperature	Température lors de l'observation à chaque passage	°C	Terrain Auddicé
Dist_eol*	Distance du point d'observation à l'éolienne la plus proche	m	BDD DREAL
Dist_HydroS*	Distance du point d'observation à la surface en eau la plus proche	m	BD TOPO (IGN)
Dist_Hydro*	Distance du point d'observation au point du réseau hydrographique le plus proche	m	BD TOPO (IGN)
Dist_Forest*	Distance du point d'observation à la forêt la plus proche	m	BD FORET (IGN)
Dist_Build*	Distance du point d'observation à la zone bâtie la plus proche	m	BD TOPO (IGN)
Dist_Road*	Distance du point d'observation à la route ou chemin le plus proche	m	BD TOPO (IGN)
Dist_Rail*	Distance du point d'observation au point du réseau ferroviaire plus proche	m	BD TOPO (IGN)
Dist_PowerLine*	Distance du point d'observation au point du réseau électrique le plus proche	m	BD TOPO (IGN)
Dist_Airport*	Distance du point d'observation à l'aéroport le plus proche	m	BD TOPO (IGN)



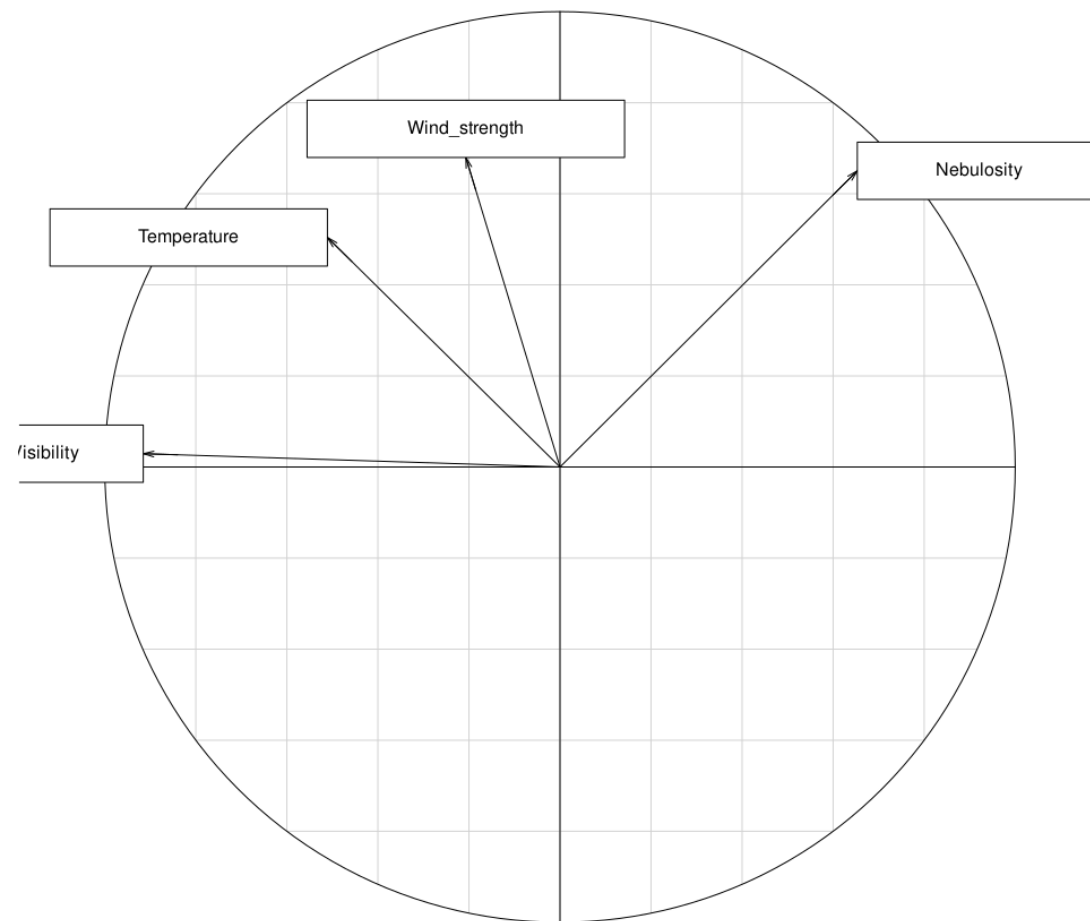
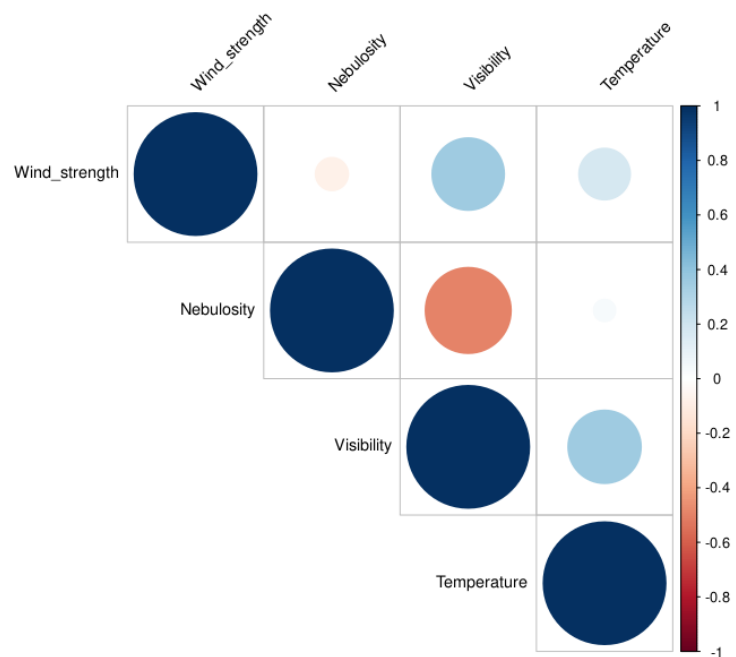
# Sélection de variable | Variables paysagères

Variables paysagères sélectionnées:

- *Heat* (densité d'éoliennes)
- *Area\_Forest* (surface de boisement)
- *Edgerow\_length* (longueur de haies)
- *Area\_water* (surface en eau)
- *Dist\_Road* (distance au réseau routier)
- *Light* (pollution lumineuse diffuse)



# Sélection de variable | Variables météorologiques

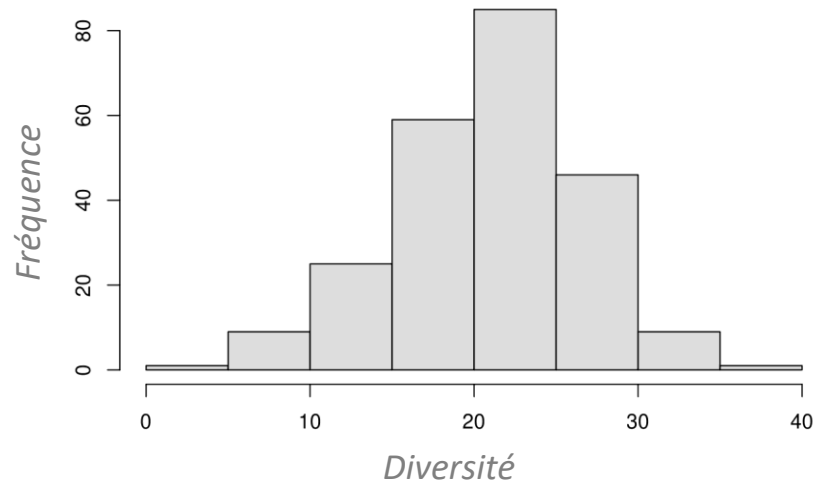




# Formulation des modèles | Modèle complet et sélection de modèle

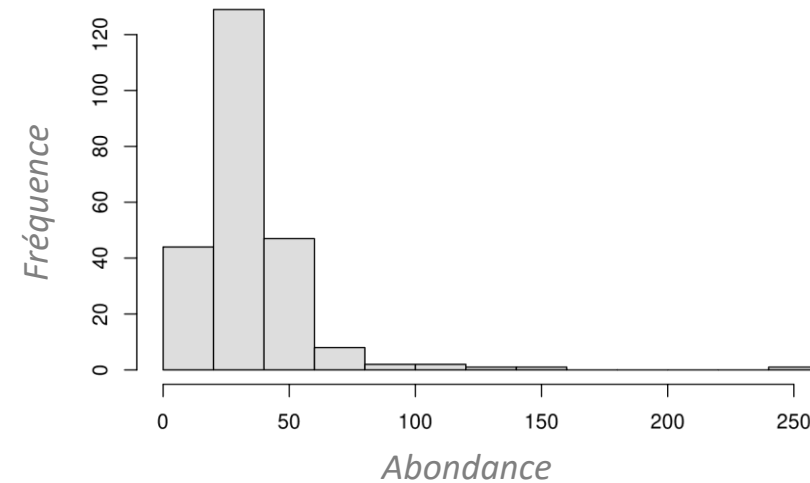
$$V_e \sim \text{Temperature}_1 \times \text{Temperature}_2 \\ + \text{Heat} \times (\text{Area}_{\text{Water}} + \text{Area}_{\text{Forest}} + \text{Edgerow}_{\text{Length}} + \text{Dist}_{\text{Road}} + \text{Light}) + (1|\text{Date}_1) \\ + (1|\text{Date}_2) + (1|\text{Year})$$

*Distribution des données de diversité*



Distribution normale  
(Test de Shapiro W = 0.99027,  
p-value = 0.1168 )

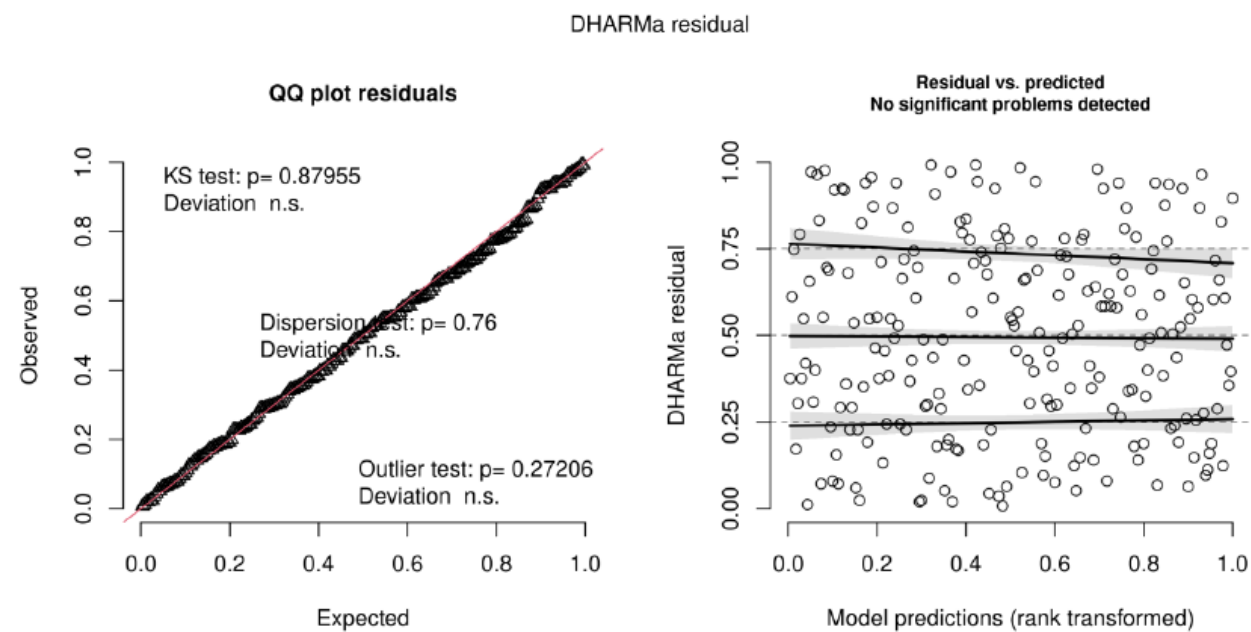
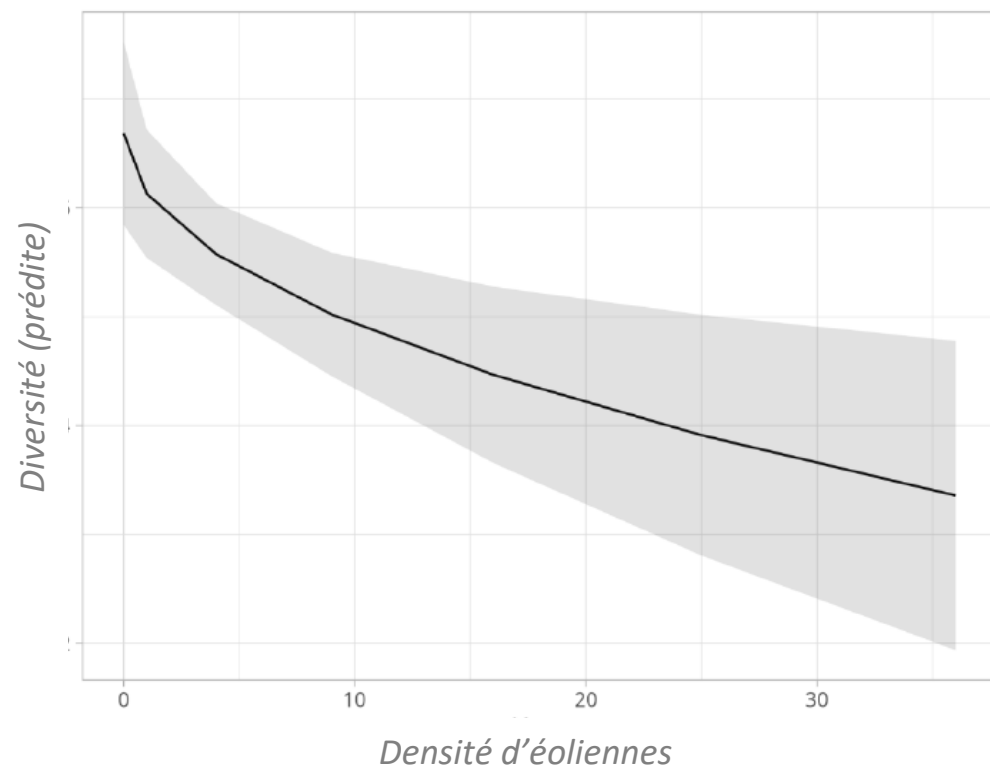
*Distribution des données d'abondance*



Distribution « gamma »

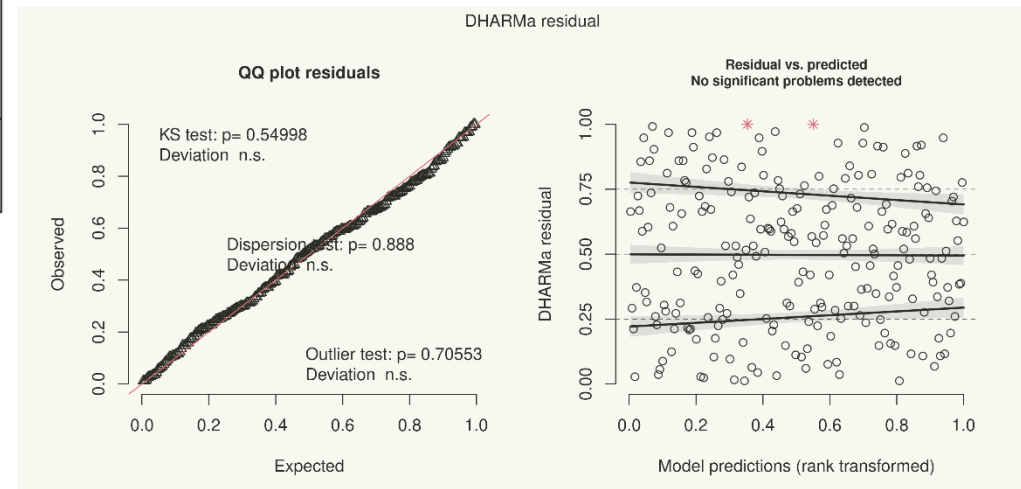
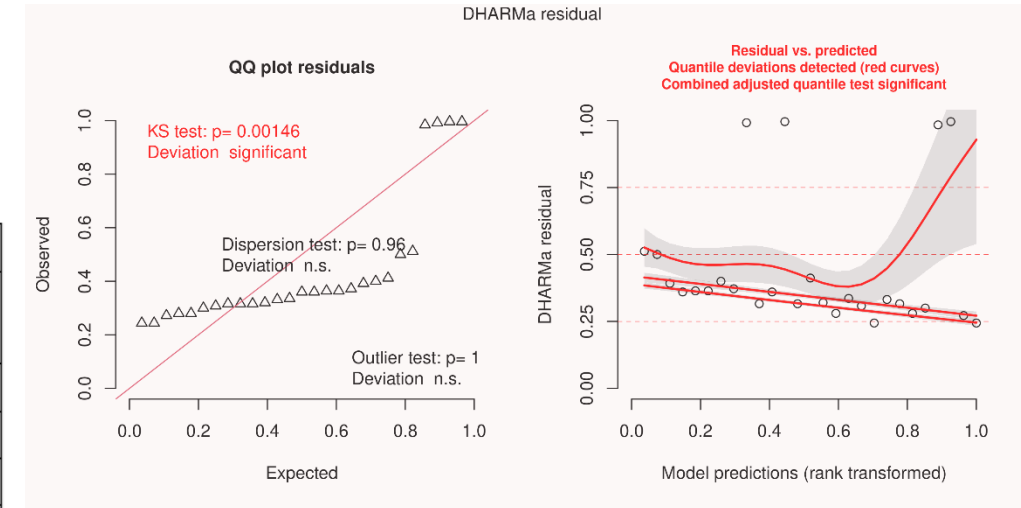
# Résultats | Diversité en oiseaux

Variable	Forêt (surf)	Eau (surf)	Lumière	Eau * Densité	Lumière * Densité
Effet	+	+	+	-	-



# Résultats exploratoires | Diversité en oiseaux détail par groupe

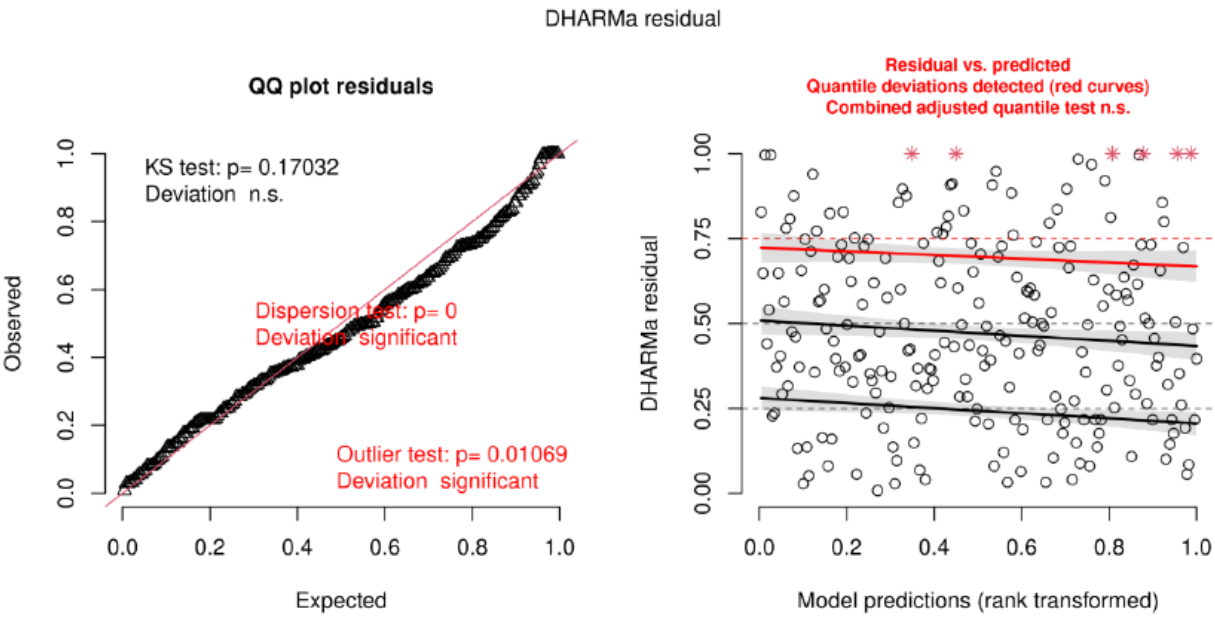
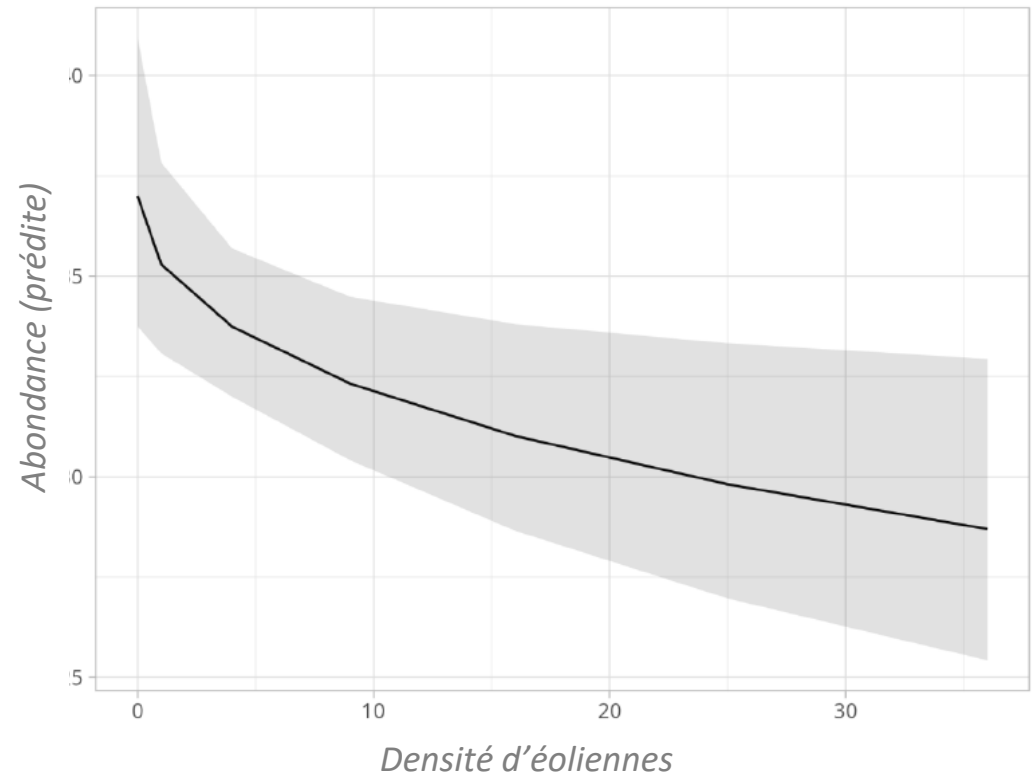
Groupe d'espèces	Modèle	Variables retenues	Direction de l'effet
Colombidés	Sans effets aléatoires	Hedgerow_length Light	+ -
Corvidés	Sans effets aléatoires	Temperature1	-
Galliformes	Sans effets aléatoires	/	
Oiseaux marins	Sans effets aléatoires	Light	-
Passereaux	Avec effets aléatoires	Area_Forest Area_Water Light Heat	+ + + -
Rapaces	Sans effets aléatoires	Temperature2 Light	+ +





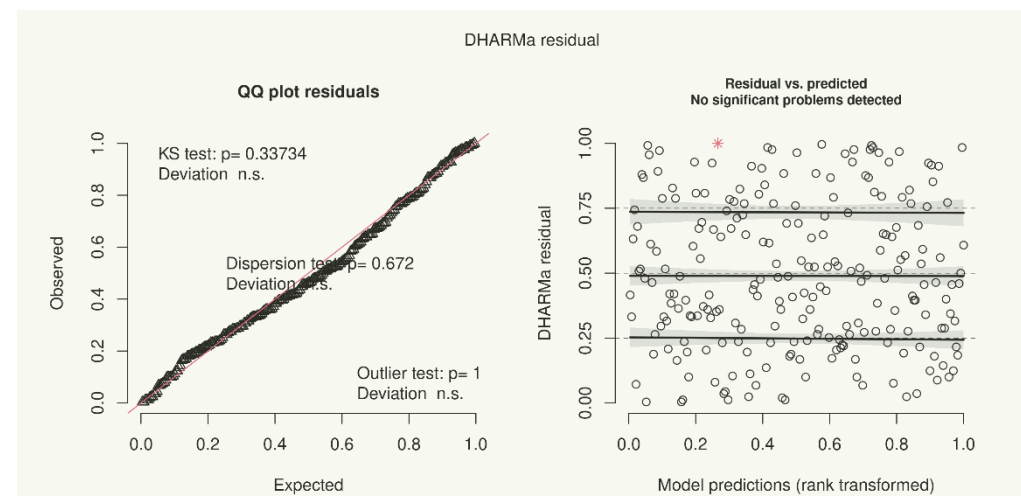
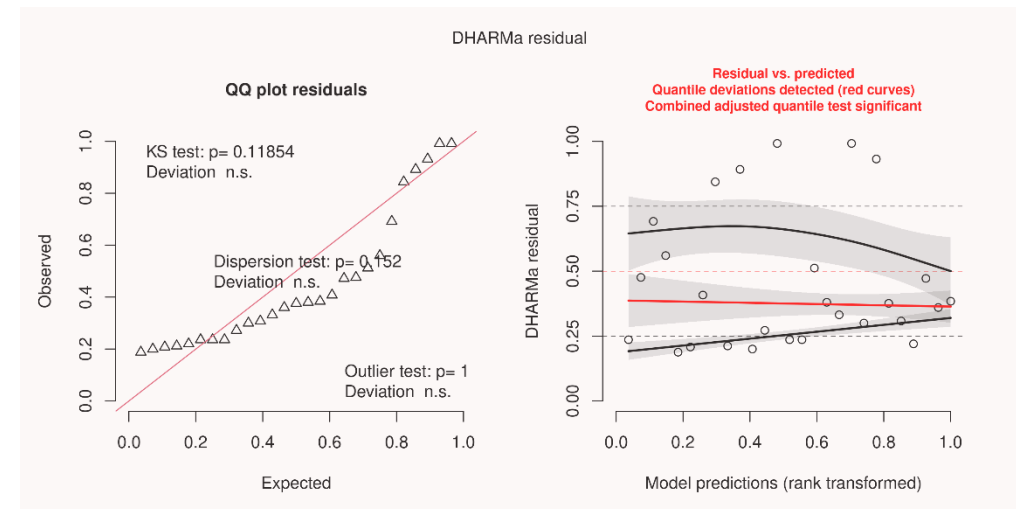
# Résultats | Abondance en oiseaux

Variable	Lumière	Densité	Température 1
Effet	+	-	-



# Résultats exploratoires | Abondances en oiseaux détail par groupe

Groupe d'espèces	Modèle	Variables retenues	Direction de l'effet
Colombidés	Sans effets aléatoires	Hedgerow_length Light	+ -
Corvidés	Sans effets aléatoires	Area_Water_sqrt Light	- -
Galliformes	Avec effets aléatoires	/	
Oiseaux marins	Avec effets aléatoires	/	
Passereaux	Avec effets aléatoires	Temperature1 Light Heat	- + -
Rapaces	Sans effets aléatoires	Area_Water_sqrt	-



# Conclusions | Résultats principaux

## Connaissance

- L'accumulation d'éolienne a bien un effet négatif sur la diversité et l'abondance des oiseaux en milieu agricole
- Contexte dépendant s'agissant de la diversité
- limite des travaux:
  - Ne concerne que les milieux agricoles et uniquement dans les Hauts-de-France
  - Jeu de données intéressantes pour des approches globales, mais limité pour traiter plus finement le sujet à l'échelle des groupes d'oiseaux

## Apports pratiques:

- Robustesse des modèles généraux suggère la possibilité de faire des prédictions sur les impacts attendus de l'accumulation d'éoliennes.
- Préconisation de distance aux lisières efficace?





# Remerciements

## Conception

- Équipe CEFE : Aurélien Besnard, Olivier Duriez
- Conseil scientifique projet : Olivier Pichard, Kevin Barré, Charlotte Roemer

## Équipe terrain

- Auddicé Biodiversité : Théo Vivensang, Quentin Van Hecke, Camille Pellet, Yoann Roulet, Charline Schimpl

## Maîtrise d'ouvrage

- Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement des Hauts-de-France



*Crédits photographiques: Auddicé – Valentine Ducrocq, Olivier Fontaine & Elsa Furlan*