



Leko *by Birdz*

**Monitoring automatisé
de la biodiversité**



The image shows the grand interior of the National Museum of Natural History in Paris. The hall is filled with dinosaur skeletons, including a large T-Rex in the center and a Triceratops on the left. The architecture is ornate, with a high, vaulted ceiling and decorative wall panels. People are seen walking through the museum, observing the exhibits.

**Birdz s'est associé
au Muséum national d'Histoire naturelle
pour mettre toute son expertise...**

...dans une solution **complète** et **accessible**

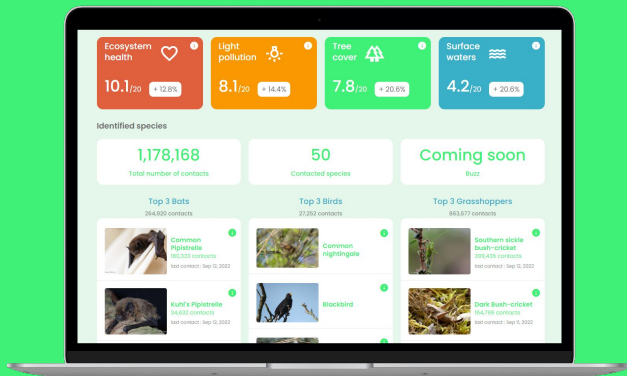
Leko-fixe



et/our



Leko-Mobile



Leko app

Report



Partage

On en apprend des choses avec le son !

Ecouter la nature pour :

- Déterminer la présence d'espèces bioindicatrices
- Leur nombre
- Leur comportement

Analyser les sons pour :

- Comprendre l'état de la biodiversité
- Mesurer son évolution
- Mieux la préserver

Une expertise développée par les chercheurs du



29 espèces de chiroptères



42 espèces de sauterelles



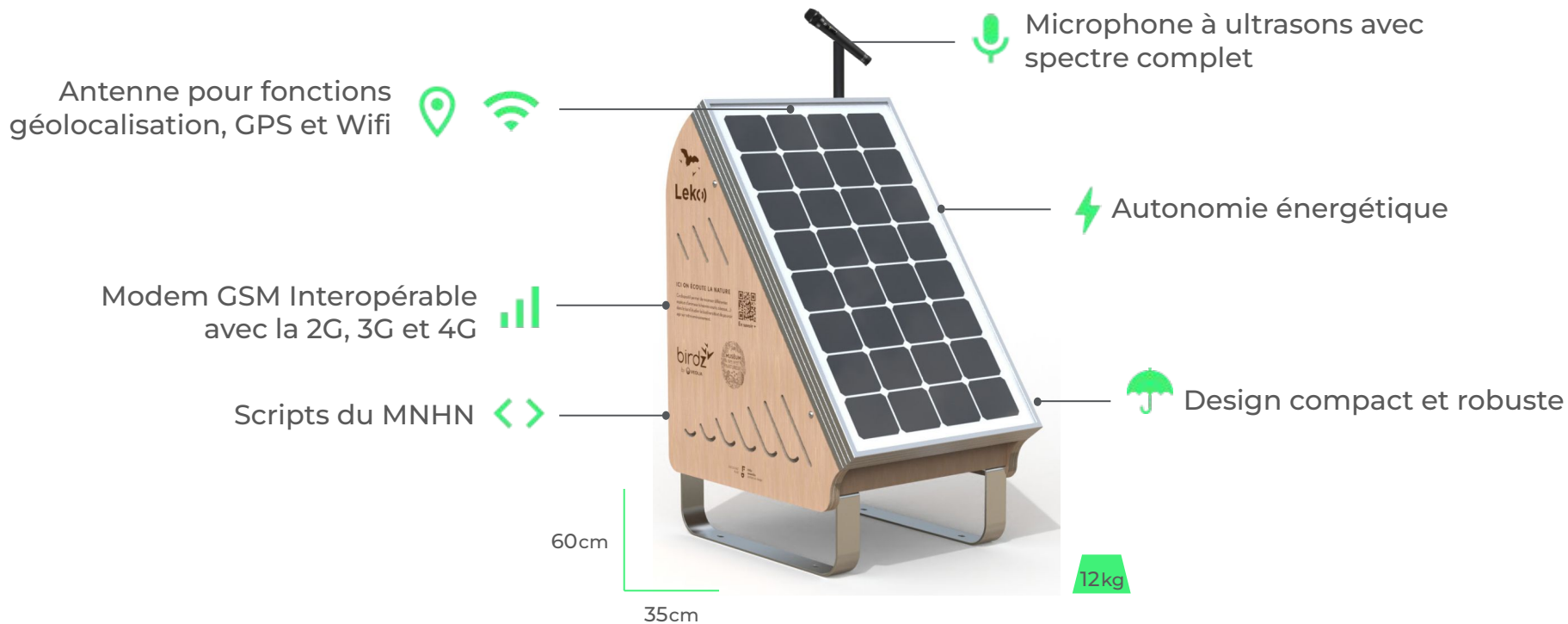
3 espèces d'oiseaux



10 "autres" dont papillons et ver luisant

Ecouter la nature

Leko tire parti des dernières technologies développées dans le domaine de l'IoT et de la reconnaissance des sons



Des capteurs fabriqués en **France** avec autant que possible des entreprises européennes

Coeur de calcul (UK)

Panneau solaire (FR)

Microphone (IT)

Structure bois FSC (FR)

Assemblage (FR)



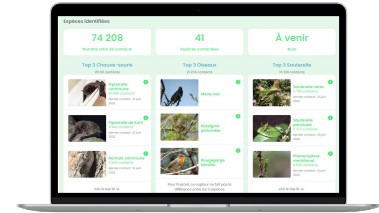
Des fichiers **éphémères...** et sécurisés

- **Enregistrer des conversations privées dans un espace public ?**
- Concept d'analyse en temps réel (unique sur le marché)
- Système de sécurité élaboré (sécurisation des échanges, alarme d'ouverture de boîtier, travail sur RAM, effacement automatique, ...)



Un traitement (presque) 100% automatisé

- Vraiment 100% automatisé sur les capteurs fixes



- Plus complexe pour les fichiers en mode mobile :

Visualiser

l'abondance des espèces

Un portail **ergonomique**
pour suivre, analyser et
partager l'évolution de la
biodiversité de votre
territoire



Clic pour accéder
[l'Observatoire Leko](#)



Mesurer l'état de la biodiversité à travers des indicateurs clés

Santé
écosystème



12,1 /20 +15,3% ↑

Pollution
lumineuse



8,6 /20 -1,3% ↓

Couverture
arborée



9,0 /20 +8,3% ↑

Eaux
de surface



9,8 /20 -5,3% ↓

- Sur la base de 16 000 points de référence en France (Vigie chiro)
- 10/20 : moyenne nationale



Comprendre

l'état de la biodiversité

Un état des lieux de la biodiversité du territoire sous la forme d'un atelier, basé sur les sources open data du MNHN et des sciences participatives

Un rapport annuel est remis, reprenant, avec pédagogie, les résultats sur la santé de la biodiversité au cours de l'année écoulée.



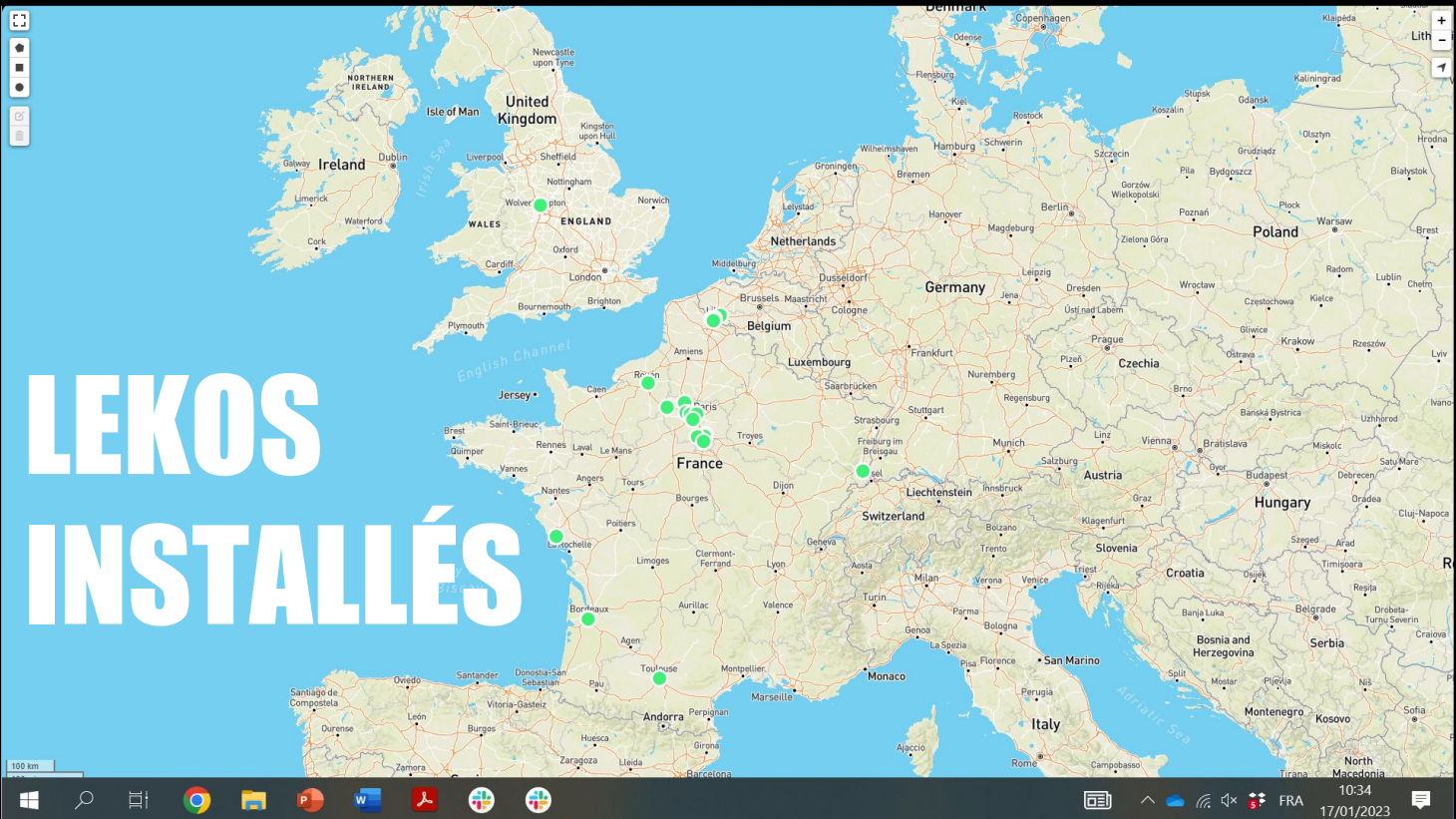
Améliorer la biodiversité !

Des sessions de *co-working* avec les **écologues de Birdz et du MNHN** sont également organisées. Vous élaborerez ensemble un plan d'actions pour préserver les espèces sur votre territoire.



RETOURS D'EXPÉRIENCES





LEKOS INSTALLÉS

30aine
de Leko
déployés

3
pays
(France & Royaume Unis,
Espagne)



 [Clic pour accéder
l'Observatoire Leko](#)

Perspectives

1. Finaliser l'industrialisation de l'offre
2. Retours d'expérience et suivi des plans d'actions
3. Finaliser la version mobile - hypervision
4. Enrichir l'offre avec l'identification d'environ 50 espèces d'oiseaux
5. Autres espèces





Données et indicateurs



Potentiel indicateur des chauves-souris

- ▶ Activité de chasse intrinsèquement lié à l'écholocation (sonar)
 - ▶ Détection quasi infaillible ! Utilisation de capteurs automatiques en continu => beaucoup de données
 - ▶ Données collectées directement liées à la productivité des écosystèmes (= quantité de proies)
 - ⇒ Garantie d'indicateurs **sensibles** (données riches) et **significatifs** (lien direct à l'état de santé du milieu)
- ▶ Un état de l'art qui conforte notre approche :
 - ▶ Ex : Pollutions des eaux = causes de déclin locaux (Gerell et Lundberg 1993)
 - ▶ Ex : Opérations de dépollution = impact positif sur les chauves-souris (Flache et al. 2016)



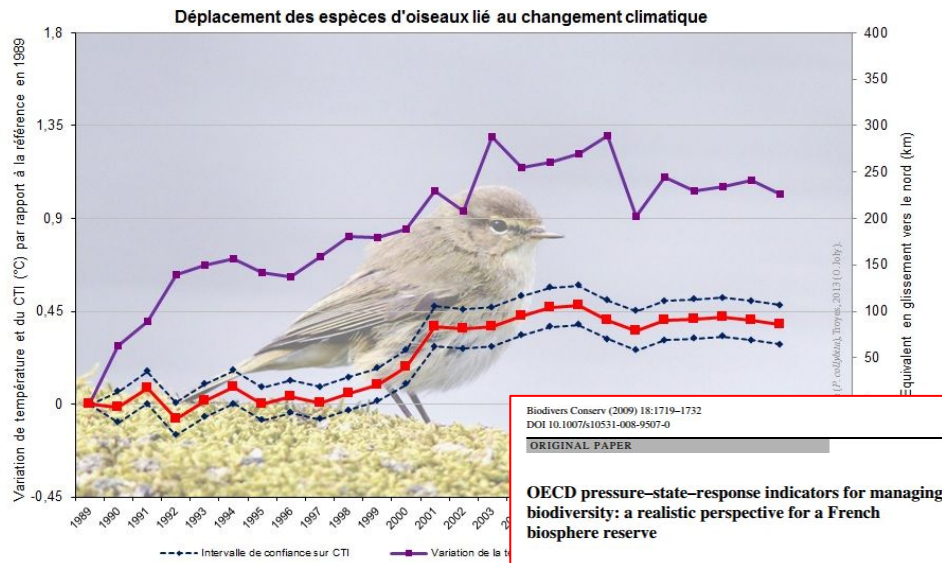
Les indicateurs d'état de santé du milieu



Expérience du CESCO-MNHN sur les indicateurs macro



Accueil | L'ONB | Les thématiques | Les questions | **Les indicateurs** | Les ressources | L'actualité | Recherche



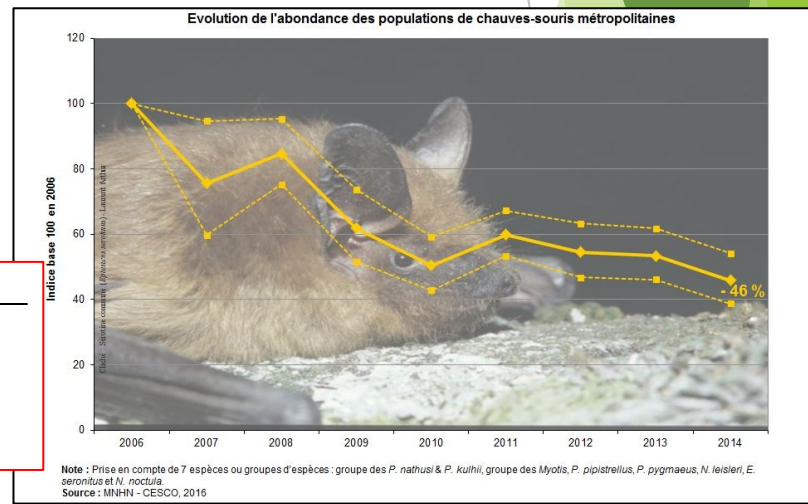
Biodivers. Conserv (2009) 18:1719-1732
DOI 10.1007/s10531-008-9507-0
ORIGINAL PAPER

OECD pressure-state-response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve

Harold Levrel · Christian Kerbiriou · Denis Couvet · Jacques Weber

Note : L'axe des ordonnées de droite indique la conversion entre degrés Celsius et km de glissement. La température est la moyenne sur les points d'observation STOC, hors zones de montagne, en France.

Source : MNHN, 2014

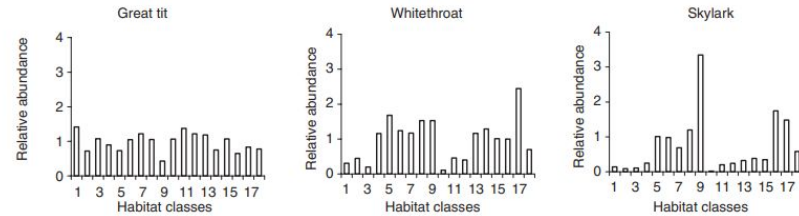


Note : Prise en compte de 7 espèces ou groupes d'espèces : groupe des *P. nathusii* & *P. kuhlii*, groupe des *Myotis*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *N. leisleri*, *E. serotinus* et *N. noctula*

Source : MNHN - CESCO, 2016

Indicateurs de communauté

- ▶ Principe de “Community Weighted Mean” : pondération par un trait “sensible”
- ▶ 1er exemple l’indice de spécialisation des communautés (CSI)

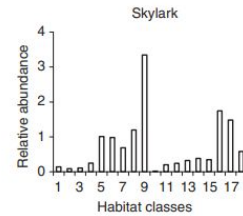
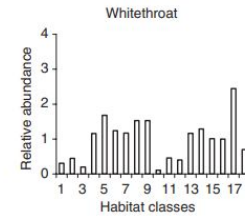
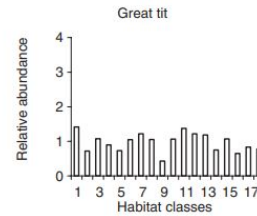


Indicateurs de communauté

- ▶ Principe de “Community Weighted Mean” : pondération par un trait “sensible”
- ▶ 1er exemple l’indice de spécialisation des communautés (CSI)

$$CSI_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}(SSI_i)}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

where n is the total number of species recorded, a_{ij} is the abundance of individuals of species i in plot j , and SSI_i its specialization index.

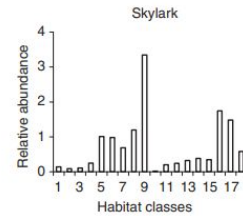
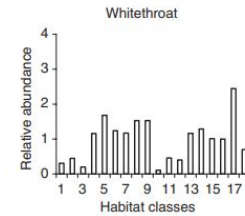
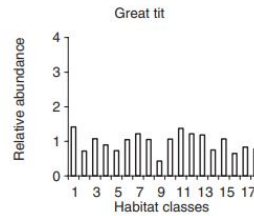
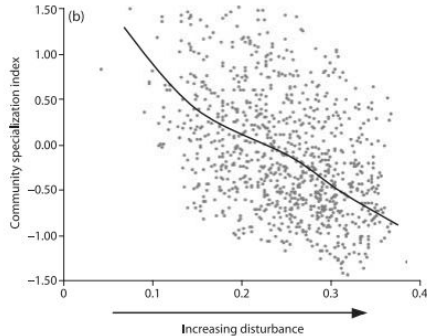


Indicateurs de communauté

- ▶ Principe de “Community Weighted Mean” : pondération par un trait “sensible”
- ▶ 1er exemple l’indice de spécialisation des communautés (CSI)

$$CSI_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}(SSI_i)}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

where n is the total number of species recorded, a_{ij} is the abundance of individuals of species i in plot j , and SSI_i its specialization index.

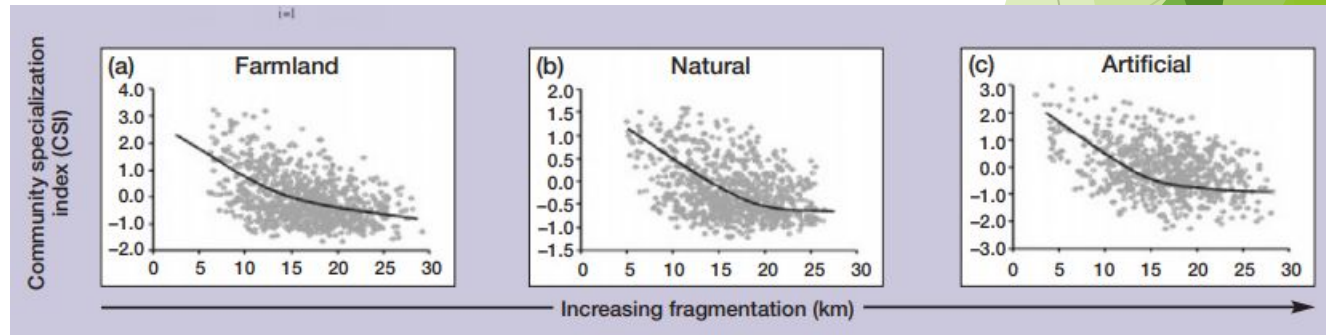
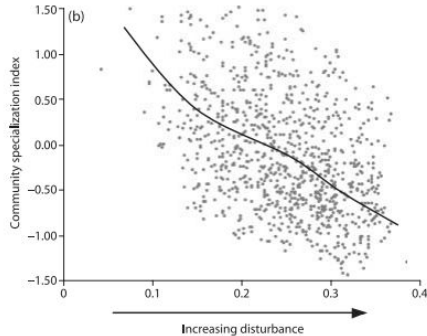
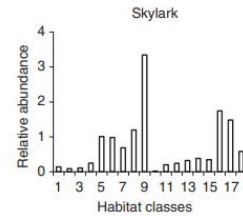
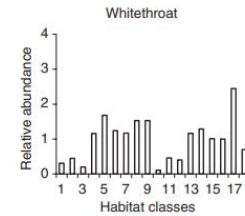
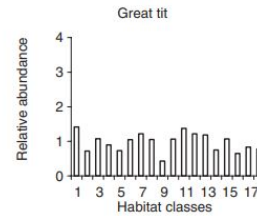


Indicateurs de communauté

- ▶ Principe de “Community Weighted Mean” : pondération par un trait “sensible”
- ▶ 1er exemple l’indice de spécialisation des communautés (CSI)

$$CSI_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}(SSI_i)}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

where n is the total number of species recorded, a_{ij} is the abundance of individuals of species i in plot j , and SSI_i its specialization index.

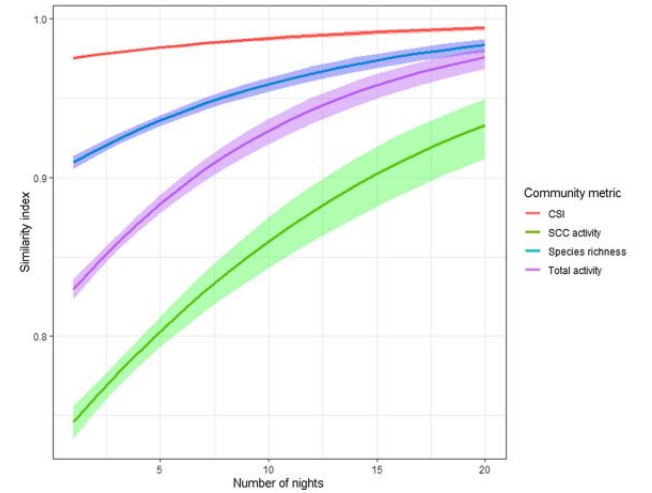


Indicateurs de communauté

- ▶ le CSI, un indicateur :
 - ▶ intégrateur
 - ▶ sensible
 - ▶
 - ▶

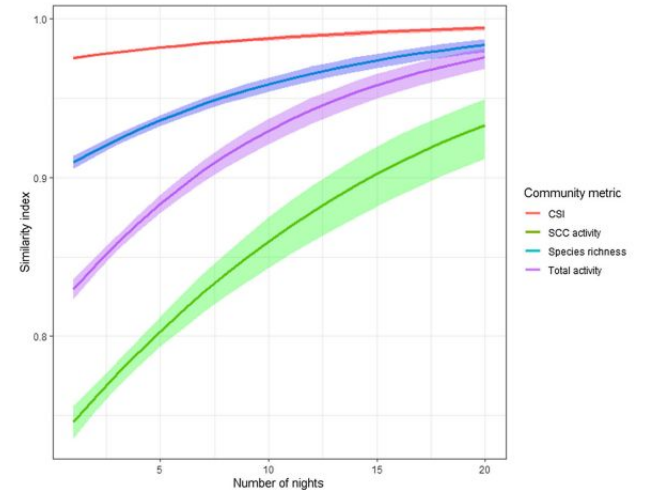
Indicateurs de communauté

- ▶ le CSI, un indicateur :
 - ▶ intégrateur
 - ▶ sensible
 - ▶ robuste
 - ▶



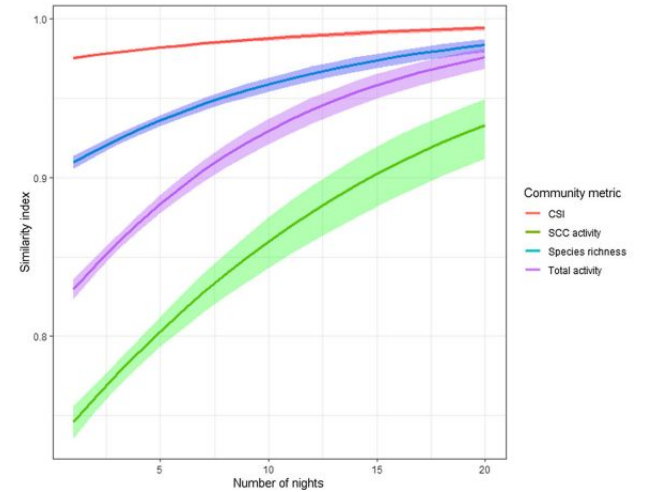
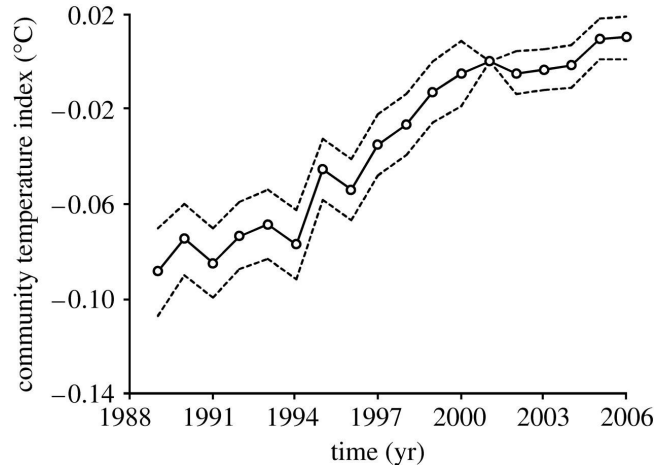
Indicateurs de communauté

- ▶ le CSI, un indicateur :
 - ▶ intégrateur
 - ▶ sensible
 - ▶ robuste
 - ▶ déclinable (autres facteurs de pondération)



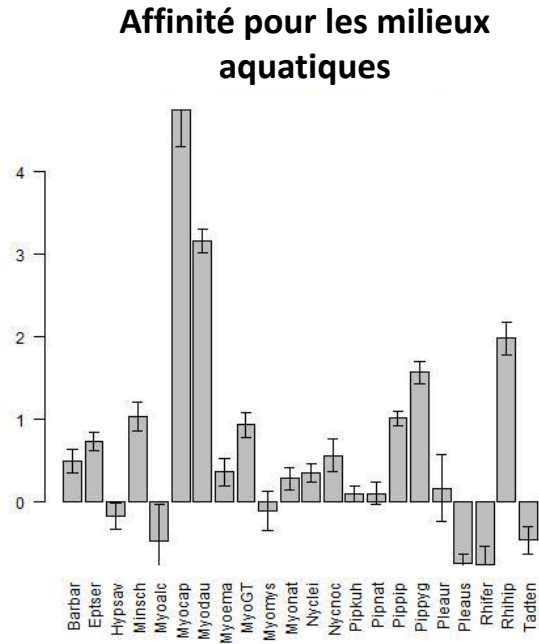
Indicateurs de communauté

- ▶ le CSI, un indicateur :
 - ▶ intégrateur
 - ▶ sensible
 - ▶ robuste
 - ▶ déclinable (autres facteurs de pondération)
- ▶ Exemple : le CTI (Community Temperature Index)



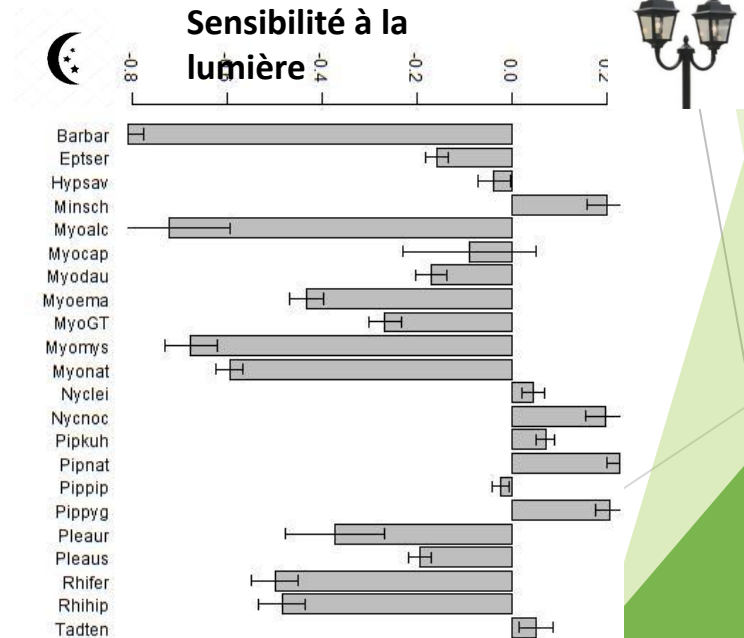
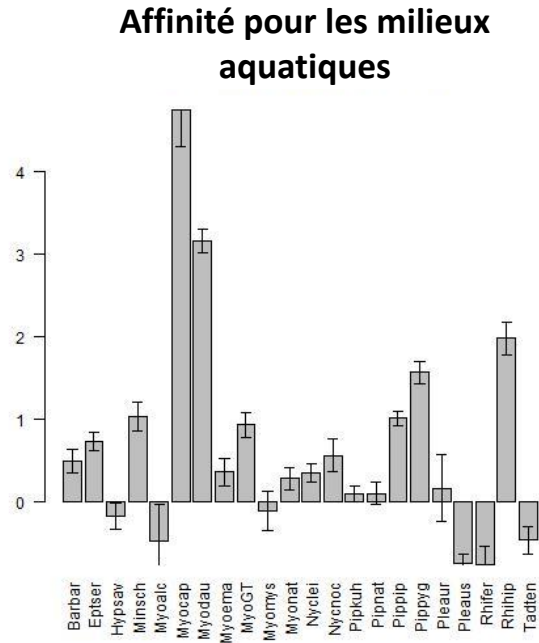
Indicateurs de communauté

- ▶ Réponse à la dégradation d'un milieu



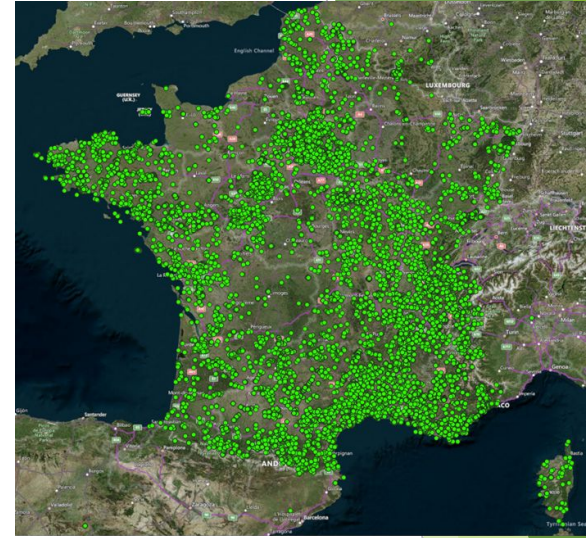
Indicateurs de communauté

- ▶ Réponse à la dégradation d'un milieu ou à une pression particulière



Indicateurs de communauté

- ▶ Adaptation aux chauves-souris
 - ▶ données de calibration : Vigie-Chiro Point Fixe (2014-2022)
 - ▶ forte disparité d'abondance entre espèce



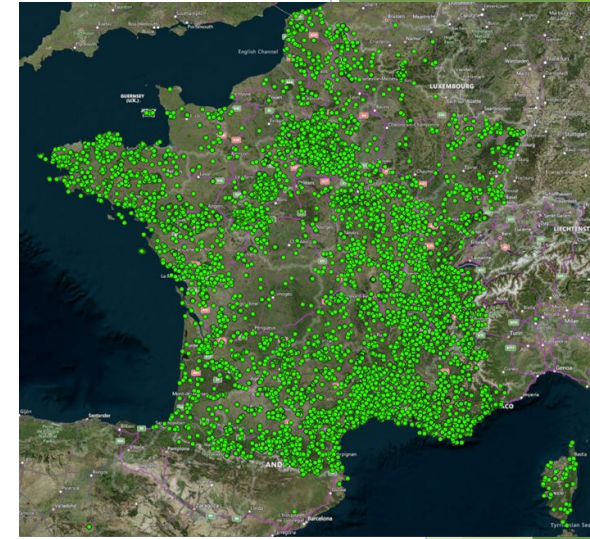
14916 points fixes

Indicateurs de communauté

- ▶ Adaptation aux chauves-souris
 - ▶ données de calibration : Vigie-Chiro Point Fixe (2014-2022)
 - ▶ forte disparité d'abondance entre espèce
 - ▶ standardisation de l'abondance par espèce pour assurer un poids équivalent de chaque espèce dans le calcul

$$CSI_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}(SSI_i)}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

$a_{ij} \Rightarrow a_{ij} / \text{moyenne}(a_{ij})$
indicateur de santé des écosystèmes



14916 points fixes

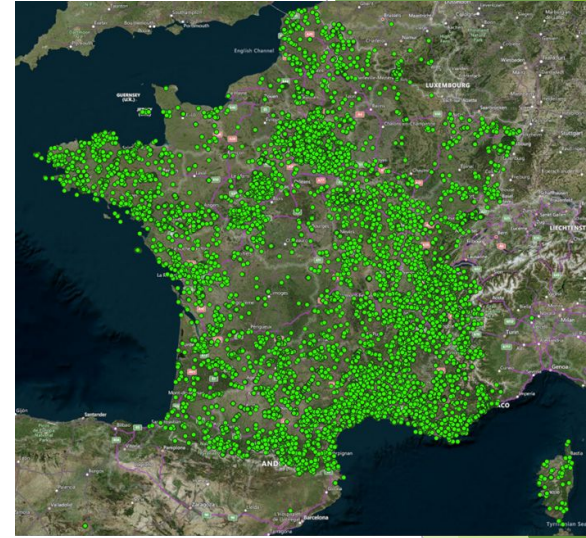
Indicateurs de communauté

- ▶ Adaptation aux chauves-souris
 - ▶ données de calibration : Vigie-Chiro Point Fixe (2014-2022)
 - ▶ forte disparité d'abondance entre espèce
 - ▶ standardisation de l'abondance par espèce pour assurer un poids équivalent de chaque espèce dans le calcul

$a_{ij} \Rightarrow a_{ij} / \text{moyenne}(a_{ij})$
indicateur de santé des écosystèmes

$$CSI_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} (SSI_i)}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

- ▶ pour les indicateurs avec un nombre limité d'espèces contributrices (indicateurs de qualité des eaux, éléments arborés, pollution lumineuse), suppression du dénominateur pour prendre en compte l'abondance totale



14916 points fixes

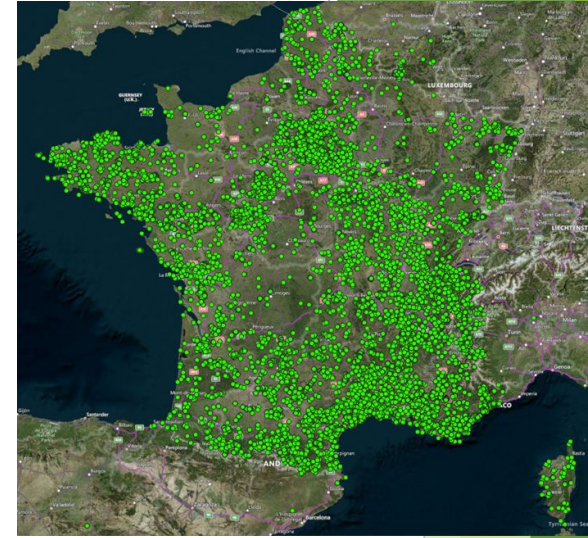
Indicateurs de communauté

- ▶ Quelle référence pour ces indicateurs ?
 - ▶ une référence nationale par calibration avec les données Vigie-Chiro

Pour obtenir une distribution hétérogène mais bornée entre 0 et 20, le CSI est finalement transformée selon la fonction inverse logit, de façon à ce que la valeur symbolique de 10 corresponde à la moyenne des valeurs obtenues lors des nuits d'enregistrement en milieu urbain dans le dispositif Vigie-Chiro (CSI_{ref}).

$$I_{santé} = \frac{\exp(CSI - CSI_{ref})}{1 + \exp(CSI - CSI_{ref})} * 20$$

▶



14916 points fixes

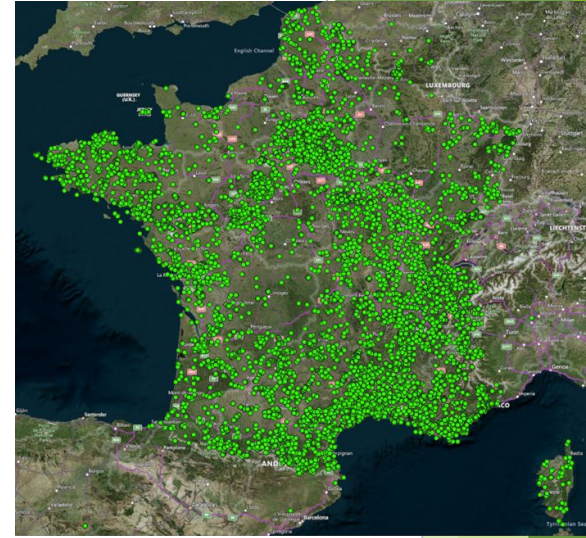
Indicateurs de communauté

- ▶ Quelle référence pour ces indicateurs ?
 - ▶ une **référence nationale** par calibration avec les données Vigie-Chiro

Pour obtenir une distribution hétérogène mais bornée entre 0 et 20, le *CSI* est finalement transformée selon la fonction inverse logit, de façon à ce que la valeur symbolique de 10 corresponde à la moyenne des valeurs obtenues lors des nuits d'enregistrement en milieu urbain dans le dispositif Vigie-Chiro (CSI_{ref}).

$$I_{santé} = \frac{\exp(CSI - CSI_{ref})}{1 + \exp(CSI - CSI_{ref})} * 20$$

- ▶ une **référence locale** pour isoler les effets locaux de gestion des milieux des effets paysagers
 - ▶



14916 points fixes

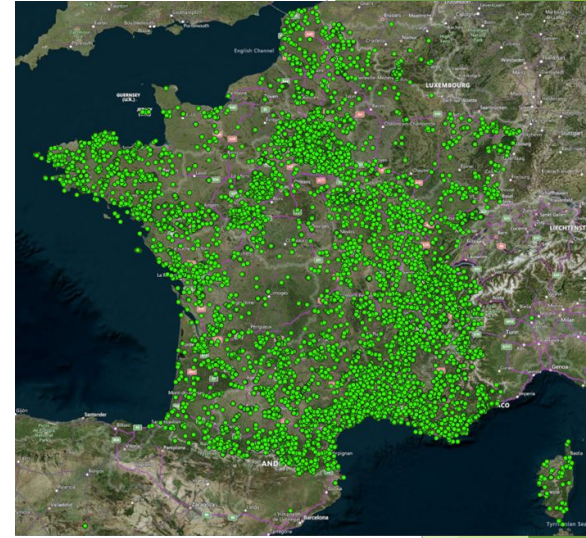
Indicateurs de communauté

- ▶ Quelle référence pour ces indicateurs ?
 - ▶ une **référence nationale** par calibration avec les données Vigie-Chiro

Pour obtenir une distribution hétérogène mais bornée entre 0 et 20, le *CSI* est finalement transformée selon la fonction inverse logit, de façon à ce que la valeur symbolique de 10 corresponde à la moyenne des valeurs obtenues lors des nuits d'enregistrement en milieu urbain dans le dispositif Vigie-Chiro (CSI_{ref}).

$$I_{santé} = \frac{\exp(CSI - CSI_{ref})}{1 + \exp(CSI - CSI_{ref})} * 20$$

- ▶ une **référence locale** pour isoler les effets locaux de gestion des milieux des effets paysagers
 - ▶ solution : comparer à une **prédiction locale de la valeur de ces indicateurs en fonction de variables paysagères**



14916 points fixes

Méthodes : cartes prédictives

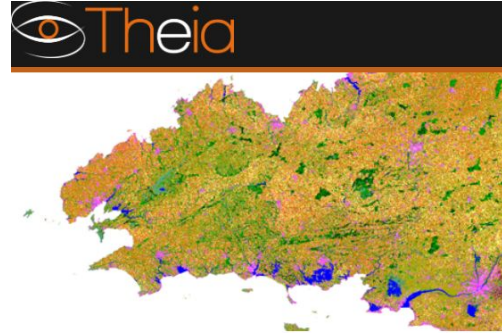
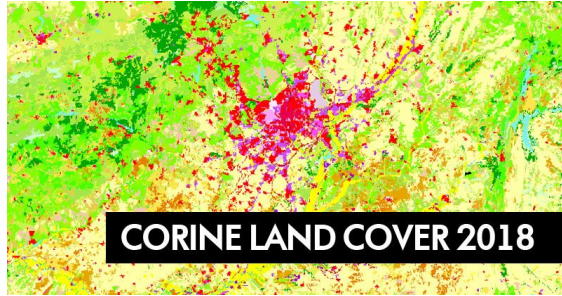
- Objectifs : prédire les variations de densité de population sur le territoire, en tenant compte de l'échantillonnage

Méthodes : cartes prédictives

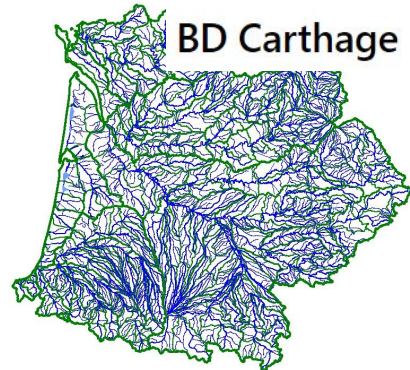
- Objectifs : prédire les variations de densité de population sur le territoire, en tenant compte de l'échantillonnage
- Méthode : apprentissage machine par forêt d'arbres de régression aléatoires (random forest)
 - Variables d'intérêt : **nb de contacts par nuit complète**
 - Covariables habitat, pressions, climatique, topographique, latitude, longitude
 - calculées sur des tampons de 50, 500 et 5000 m

Méthodes : cartes prédictives

- Données d'entrée :

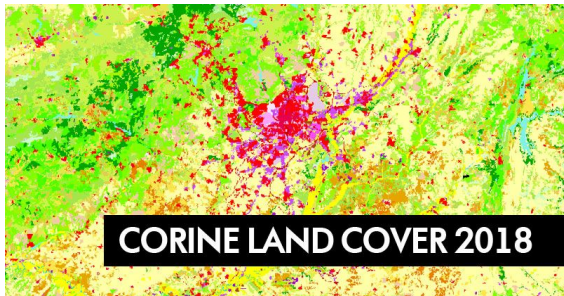


CES OCCUPATION DES SOLS

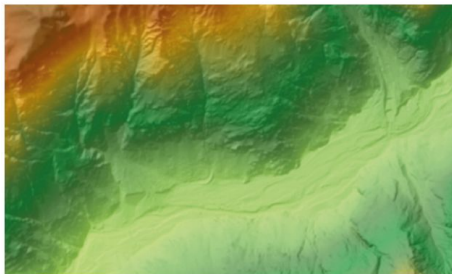


Méthodes : cartes prédictives

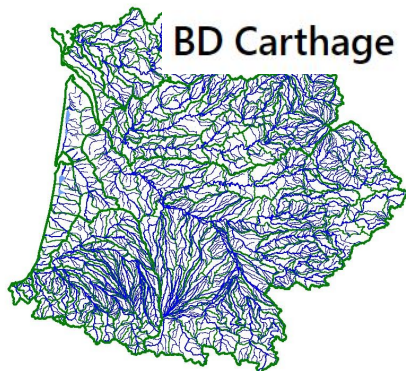
- Données d'entrée :



CES OCCUPATION DES SOLS

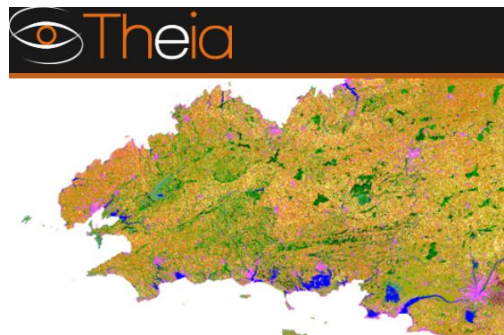
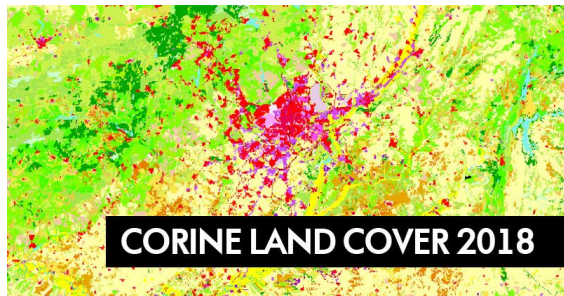


BD ALTI®

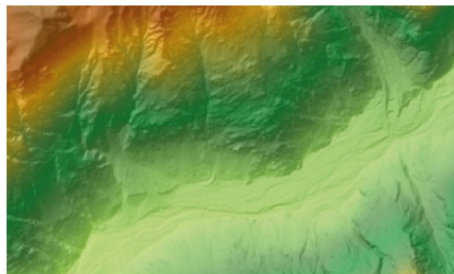
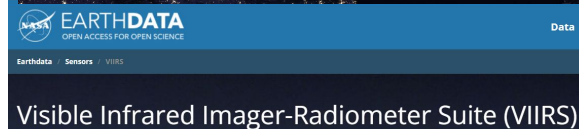


Méthodes : cartes prédictives

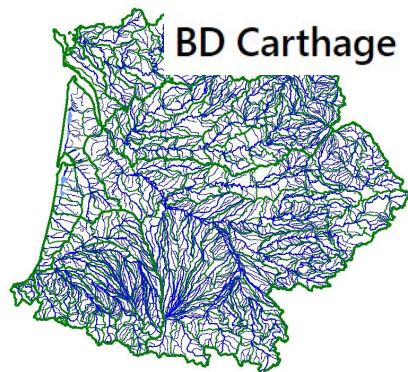
- Données d'entrée :



CES OCCUPATION DES SOLS



BD ALTI®

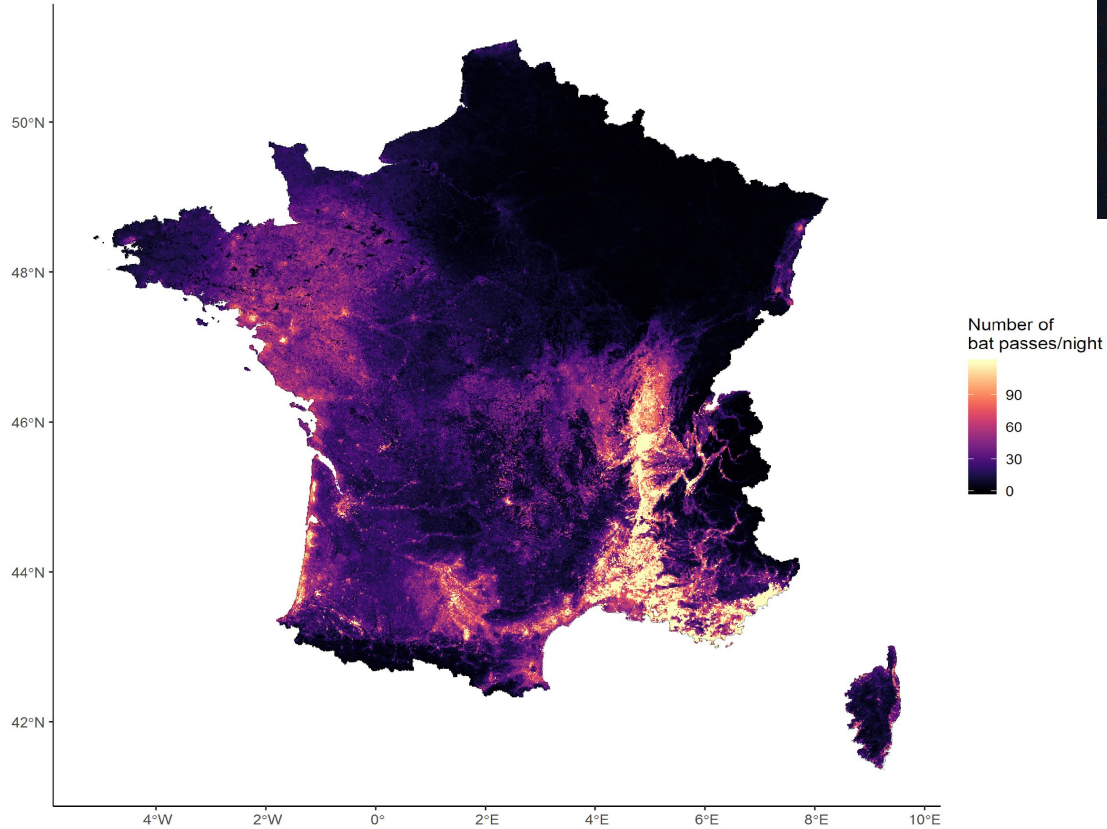


ROUTE 500®

Résultats : cartes prédictives

Pipistrellus kuhlii
August

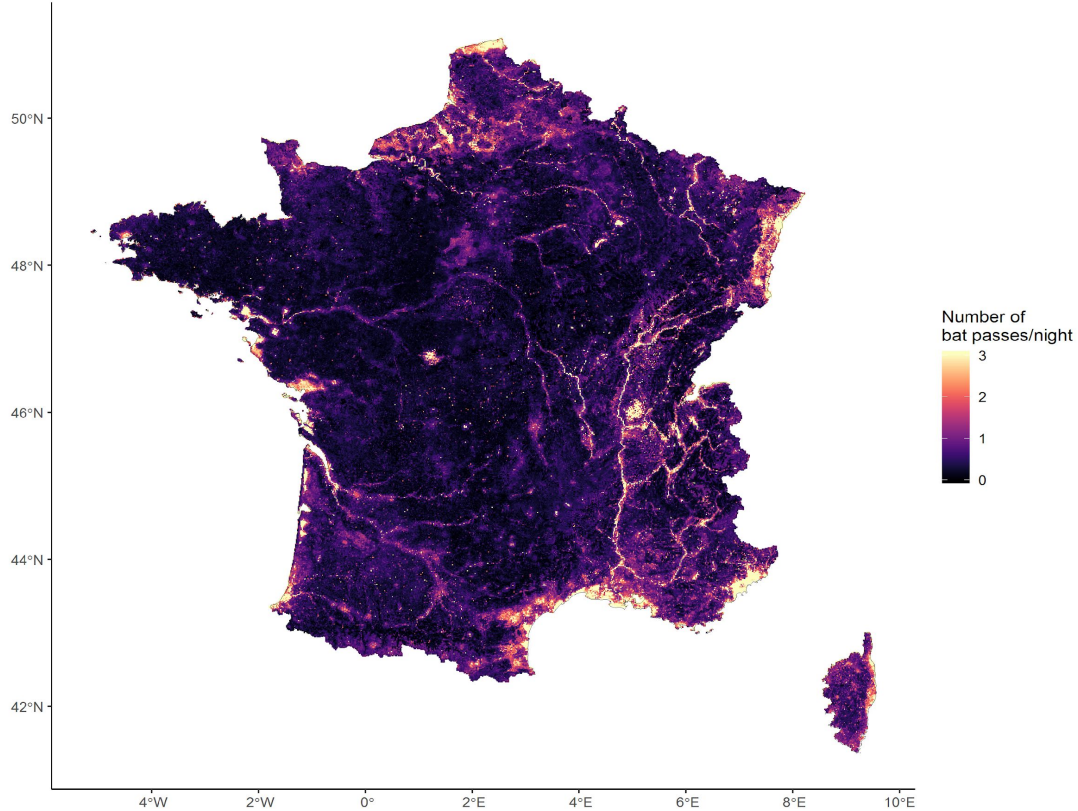
Number of bat passes per night : Mean = 25.4, Max = 1230.7



Résultats : cartes prédictives

Pipistrellus nathusii
August

Number of bat passes per night : Mean = 0.6, Max = 104.5

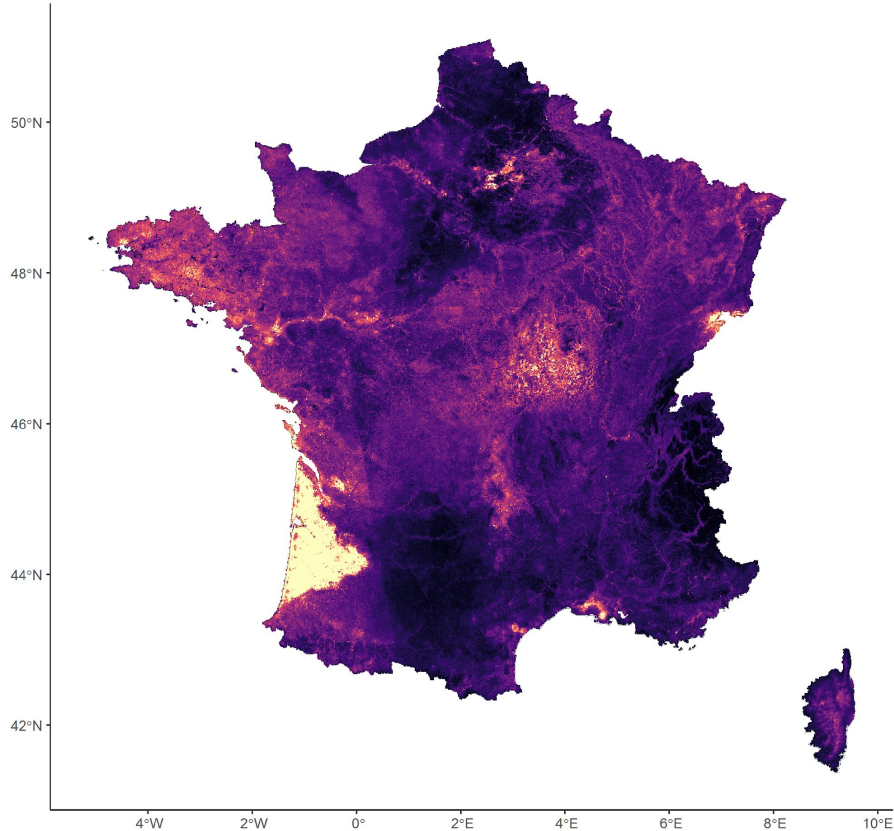


©Ivan Pancic

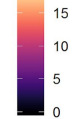
Résultats : cartes prédictives

Eptesicus serotinus
August

Number of bat passes per night : Mean = 5.7, Max = 221.6



Number of
bat passes/night

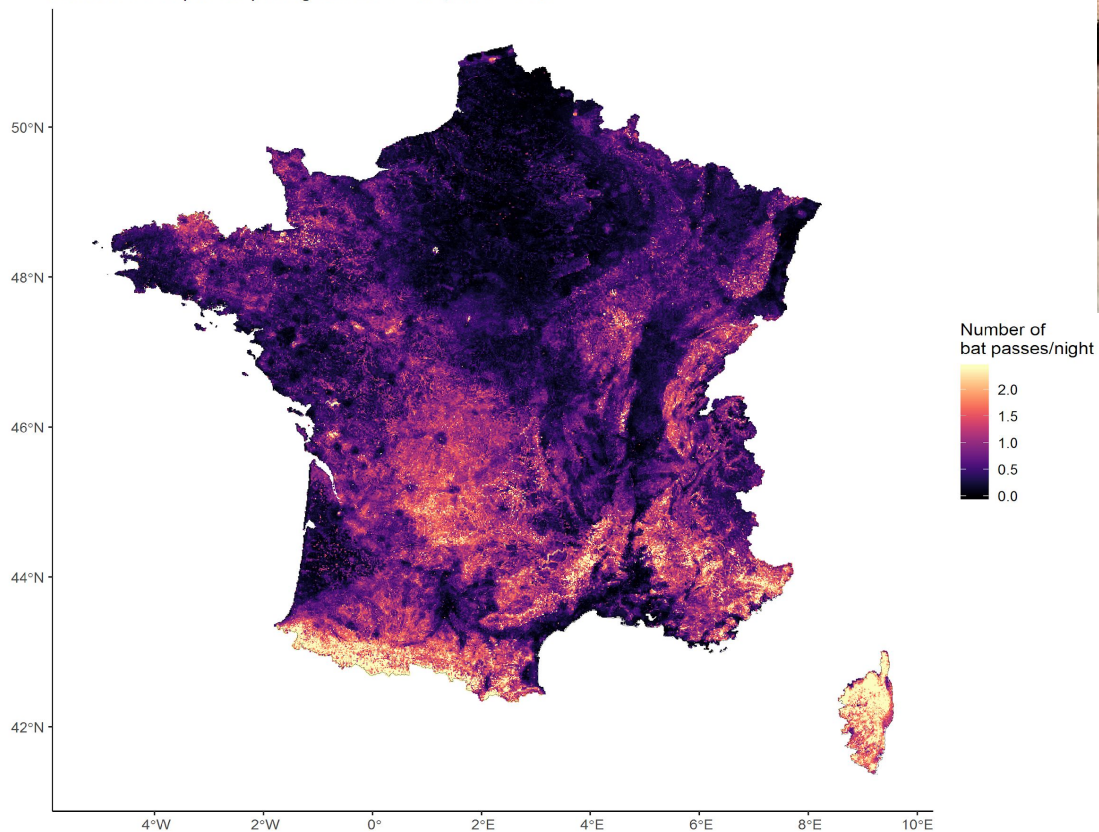


Résultats : cartes prédictives

Rhinolophus hipposideros

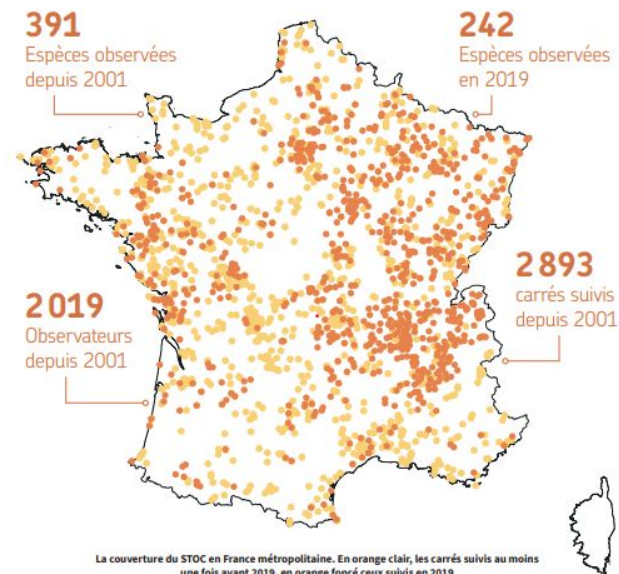
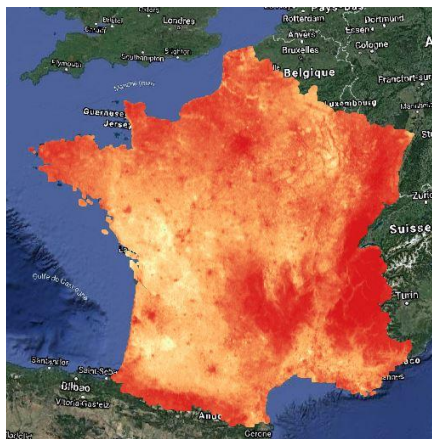
August

Number of bat passes per night : Mean = 0.7, Max = 19.6



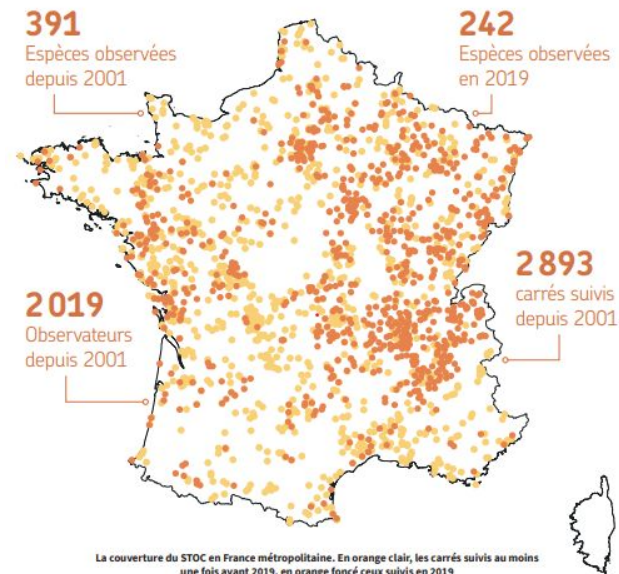
Cartes prédictives : application aux oiseaux ?

- Données de référence : STOC-EPS
- Preuve de concept :
 - expertise Tourterelle des bois (2020)
 - > demande de l'UE : espèce prioritaire Natura 2000



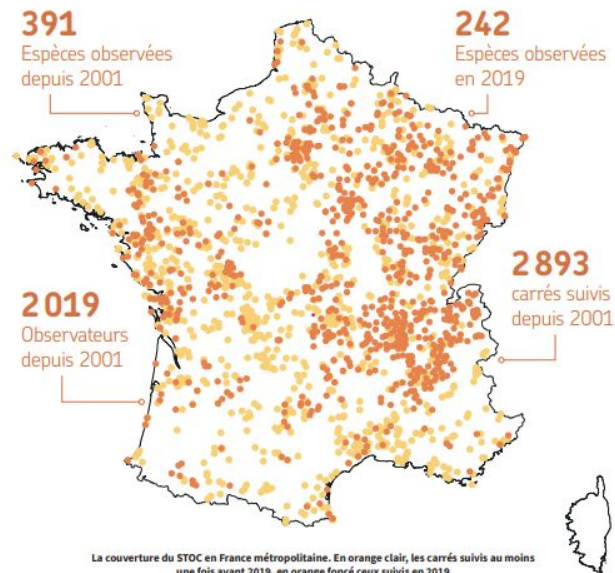
Cartes prédictives : application aux oiseaux ?

- Limites actuelles :



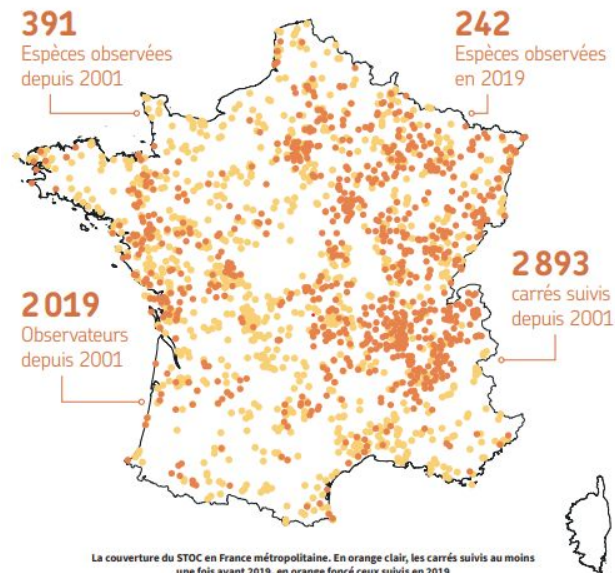
Cartes prédictives : application aux oiseaux ?

- Limites actuelles :
 - prise en compte des changements environnementaux (habitats, etc)



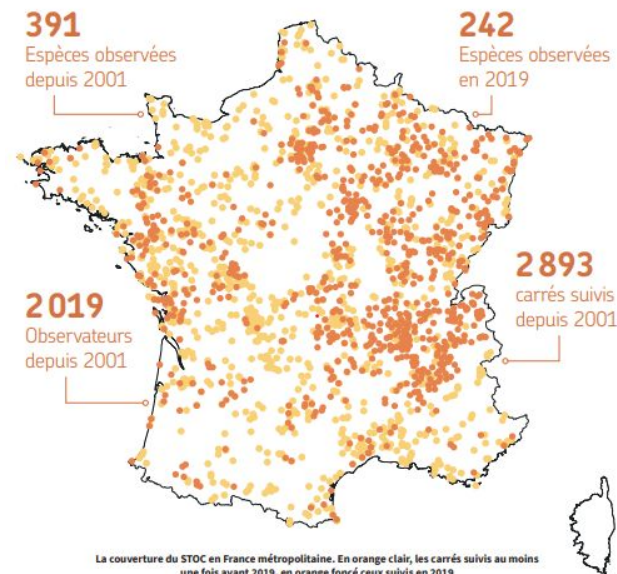
Cartes prédictives : application aux oiseaux ?

- Limites actuelles :
 - prise en compte des changements environnementaux (habitats, etc)
 - ajuster l'échelle en fonction des espèces



Cartes prédictives : application aux oiseaux ?

- Limites actuelles :
 - prise en compte des changements environnementaux (habitats, etc)
 - ajuster l'échelle en fonction des espèces
 - prise en compte de la structuration paysagère



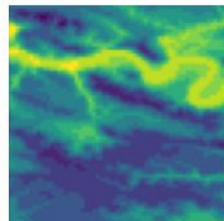
PLOS COMPUTATIONAL BIOLOGY

OPEN ACCESS PEER-REVIEWED

RESEARCH ARTICLE

Convolutional neural networks improve species distribution modelling by capturing the spatial structure of the environment

Unmodified
(classical CNN-SDM)





Champ d'application



Données de modélisation des espèces

Pour quoi faire ?

Modéliser les espèces pour modéliser
les communautés

&

Modéliser les communautés pour
modéliser la santé des écosystèmes

- SSI -> CSI
- données d'écologie des espèces

Confronter ces modélisations aux
observations

- diagnostiquer un territoire
- conseiller les clients







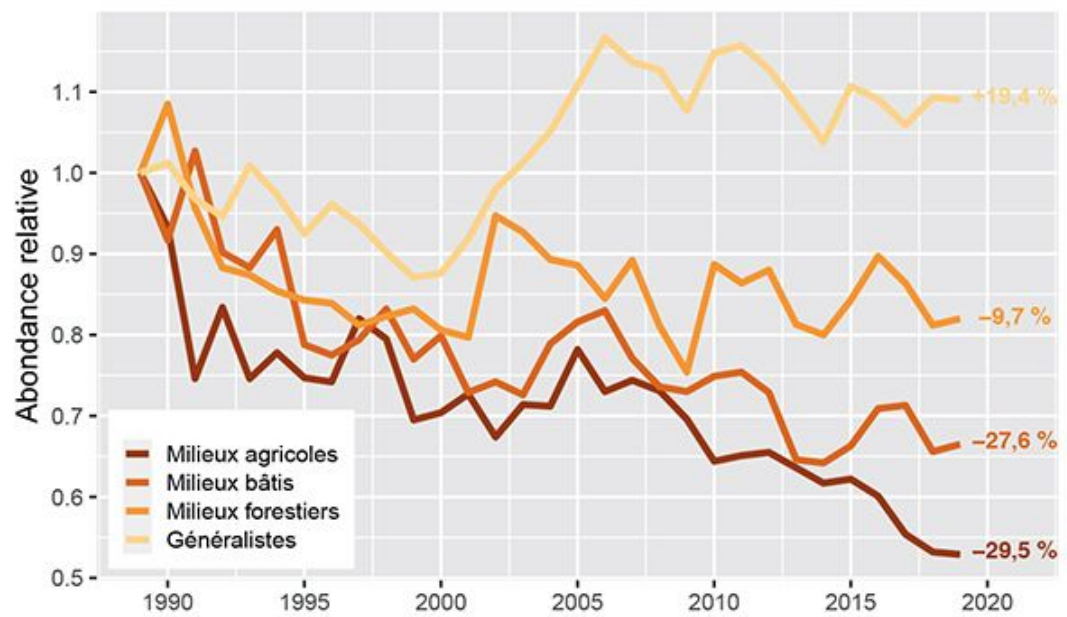
Quel gain à écouter les oiseaux ?

- étendre la période temporelle
- élargir la diversité des écologies
- renforcer la robustesse de nos indicateurs actuels
- pouvoir mimer des indicateurs déjà reconnus (STOC)
- créer de nouveaux indicateurs (cortèges agricoles, urbains, etc.)
- profiter du capital sympathie

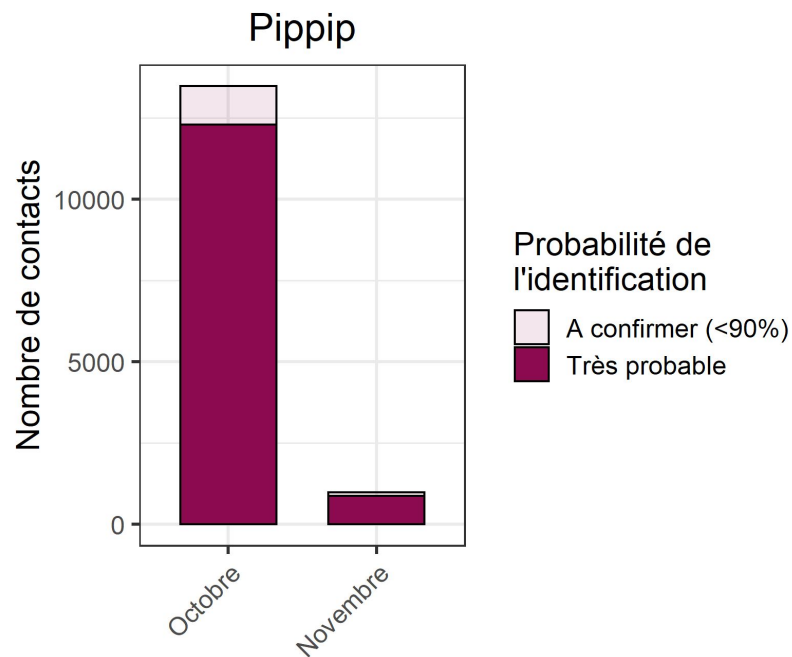
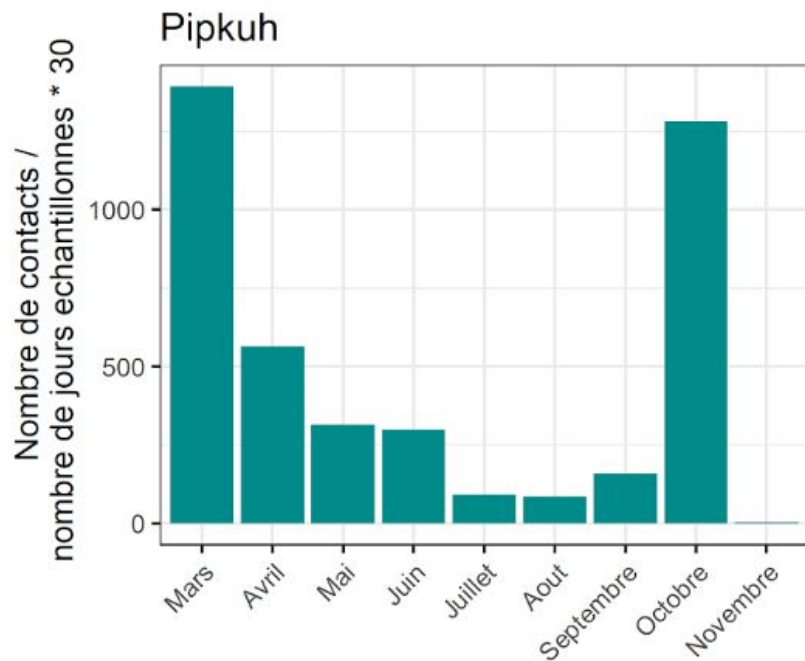




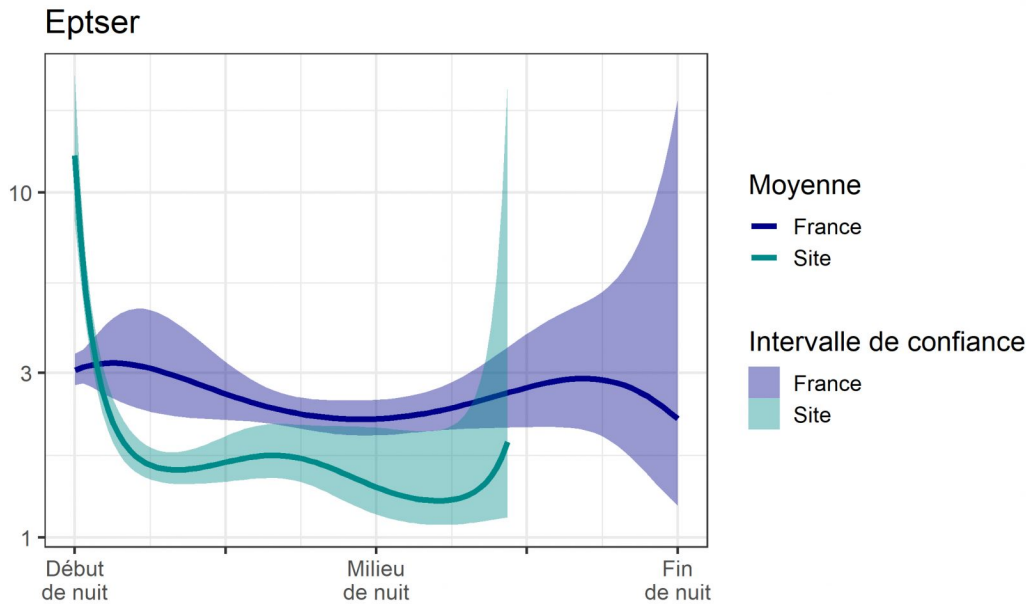
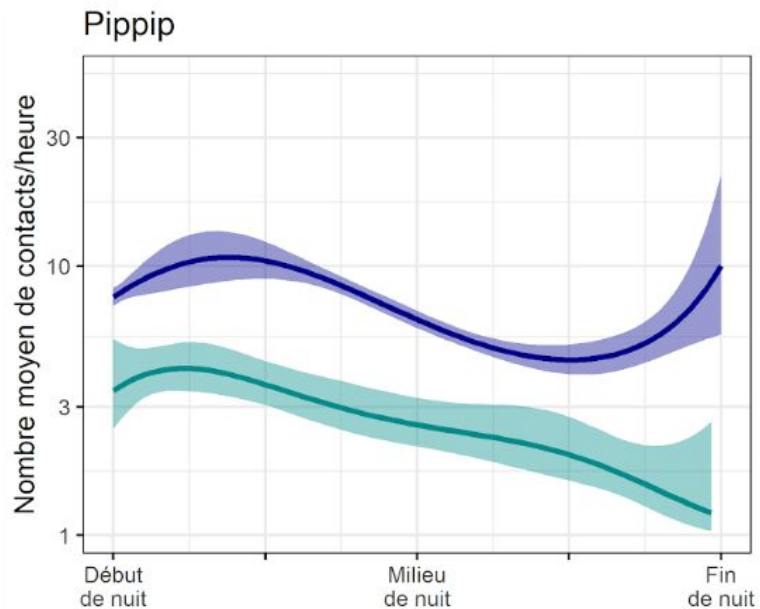
Évolution des indicateurs par groupe de spécialisation



Analyse préliminaire, **sur points fixes**



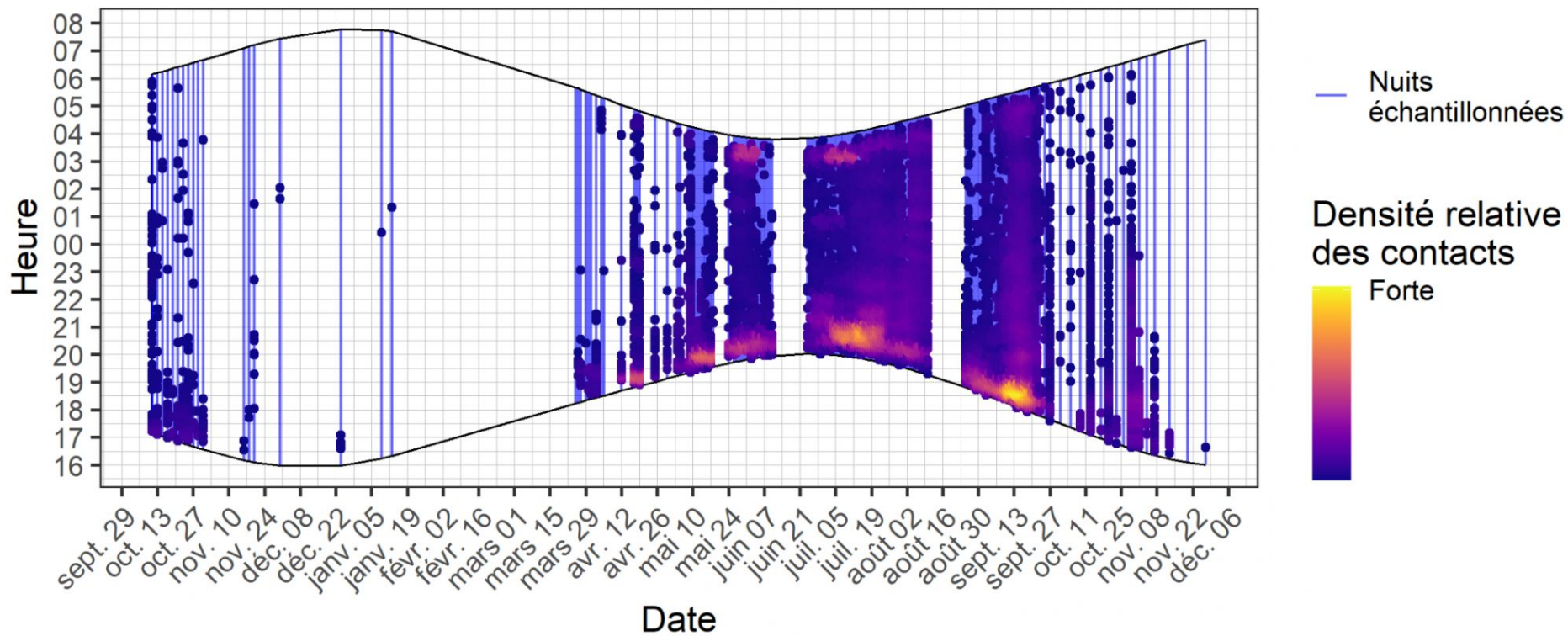
Sur points fixes



Sur points fixes

Pippip

Phénologie des contacts au cours de la nuit et de l'année



Stratégie mobile de monitoring automatisé

Objectif Hypervision

Equiper des réseaux de bus et véhicules pour mailler un territoire

- Etape franchie avec Transdev à Rouen Métropole

Mettre en place un système d'hypervision pour :

- modéliser d'après le global
- afficher et évaluer le réel
- modéliser d'après le local
- simuler l'impact théorique
- mesurer l'impact réel
- produire des éléments de communication et de dialogue



Stratégie mobile de monitoring automatisé

Objectif Hypervision

Equiper des réseaux de bus et véhicules pour mailler un territoire

- Etape franchie avec Transdev à Rouen Métropole

Mettre en place un système d'hypervision pour :

- modéliser d'après le global
- afficher et évaluer le réel
- modéliser d'après le local
- simuler l'impact théorique
- mesurer l'impact réel
- produire des éléments de communication et de dialogue

