

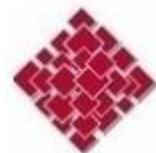
Risk4DRaptors

Prédire les zones à risque de collision des grands oiseaux avec les infrastructures aériennes

Arzhela HEMERY, CEFE - CNRS

Séminaire MAPE, Montpellier,

06-04-2023



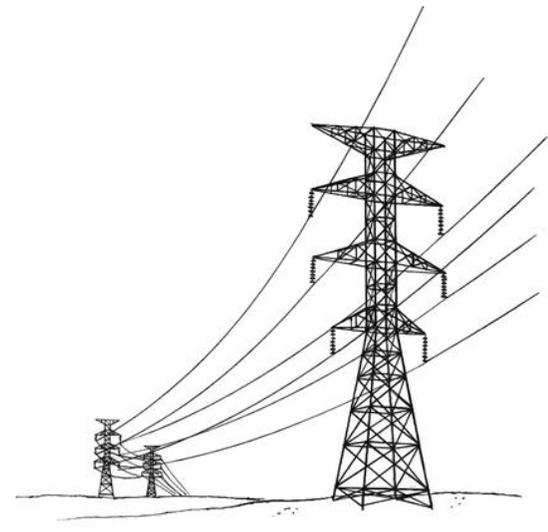
École Pratique
des Hautes Études



- Projet initialement développé indépendamment de MAPE.
- Financement : ADEME – AAP R&D Energie Durable Edition 2020/2021.
- Durée du projet : 2022 / 2024.
- Doctorat.
- Encadrement :
 - Directeur de thèse : Aurélien Besnard (EPHE - CEFE).
 - Co-directeurs : Olivier Duriez (Université de Montpellier - CEFE) & Pierre-Yves Henry (CRBPO - MNHN).
 - Partenaire : Christian Itty (Becot).



- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.

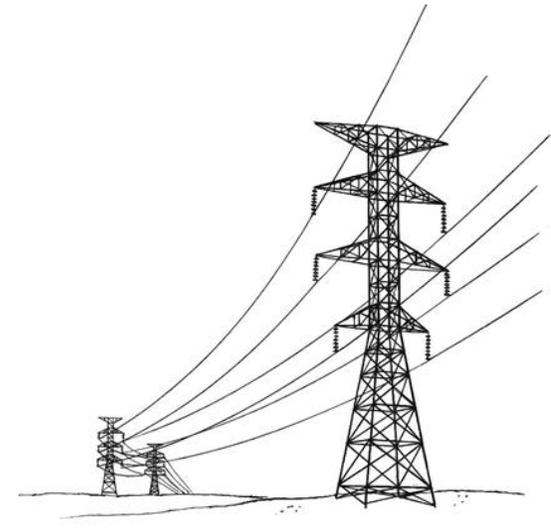


- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.

Evitement

Réduction

Compensation



- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.

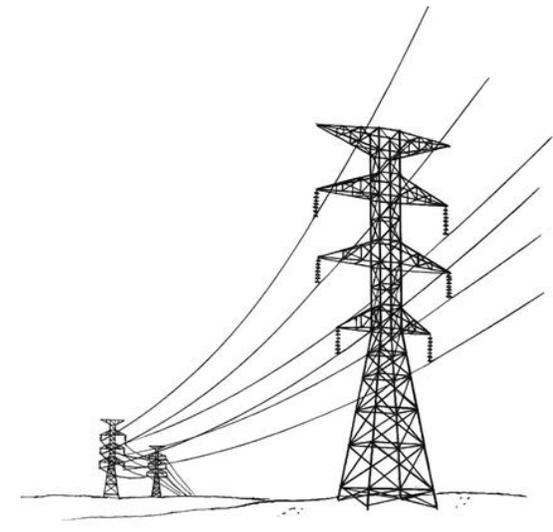
Evitement

Réduction

Compensation



Eviter les impacts **en choisissant le meilleur emplacement**



- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.

Evitement



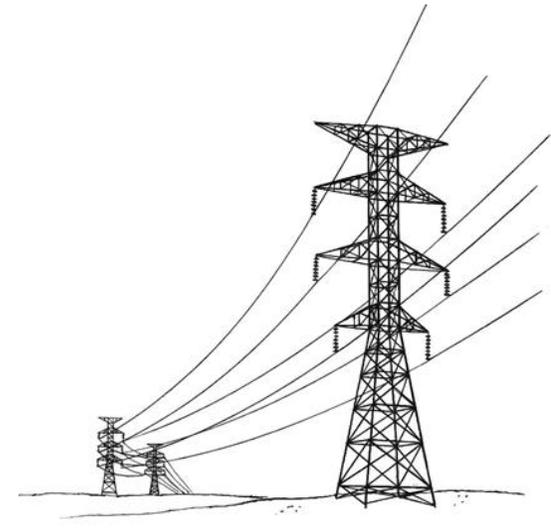
Eviter les impacts **en choisissant le meilleur emplacement**

Réduction

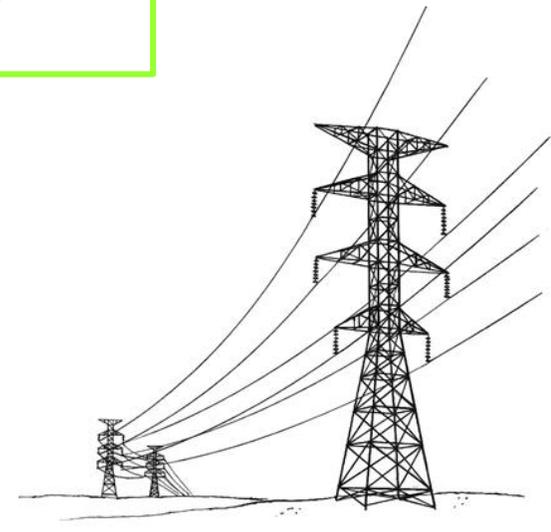
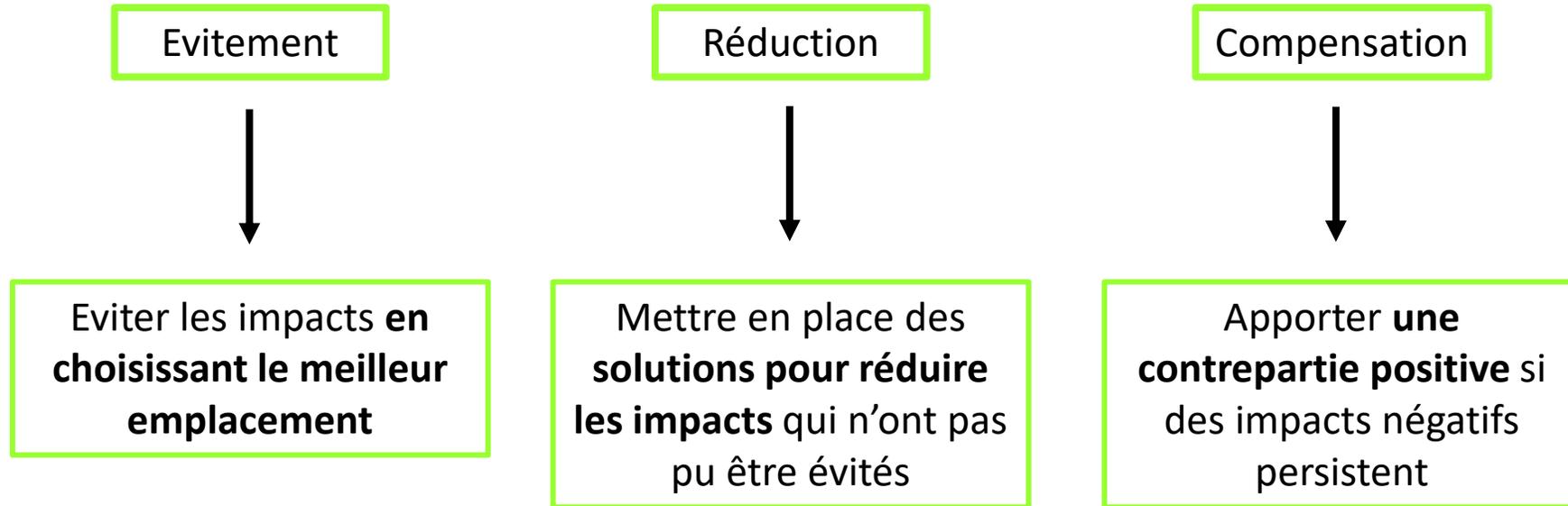


Mettre en place des **solutions pour réduire les impacts** qui n'ont pas pu être évités

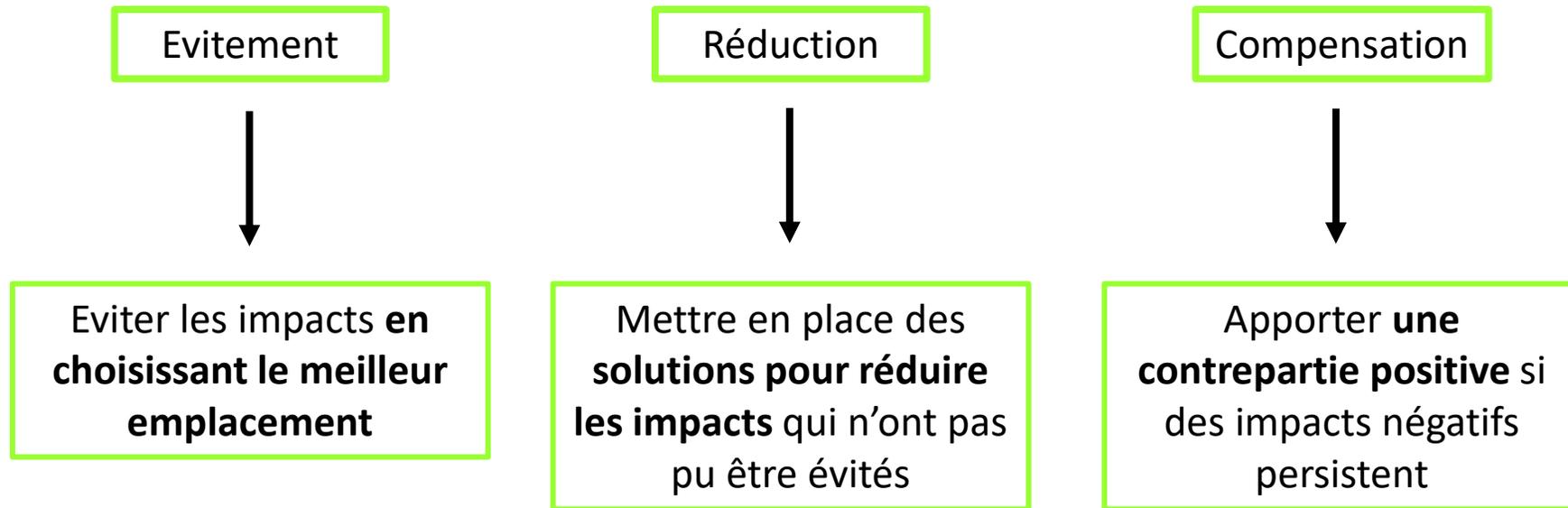
Compensation



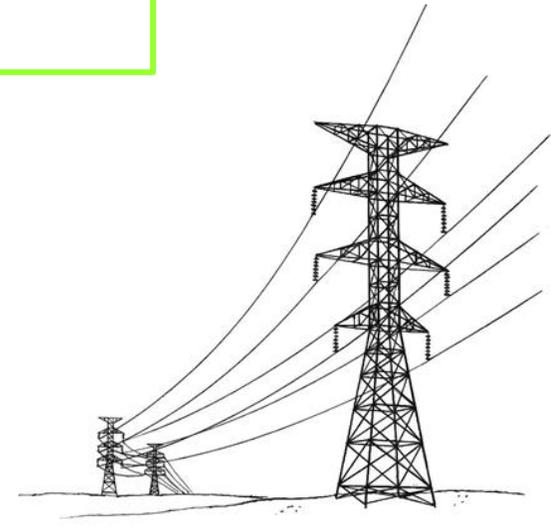
- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.



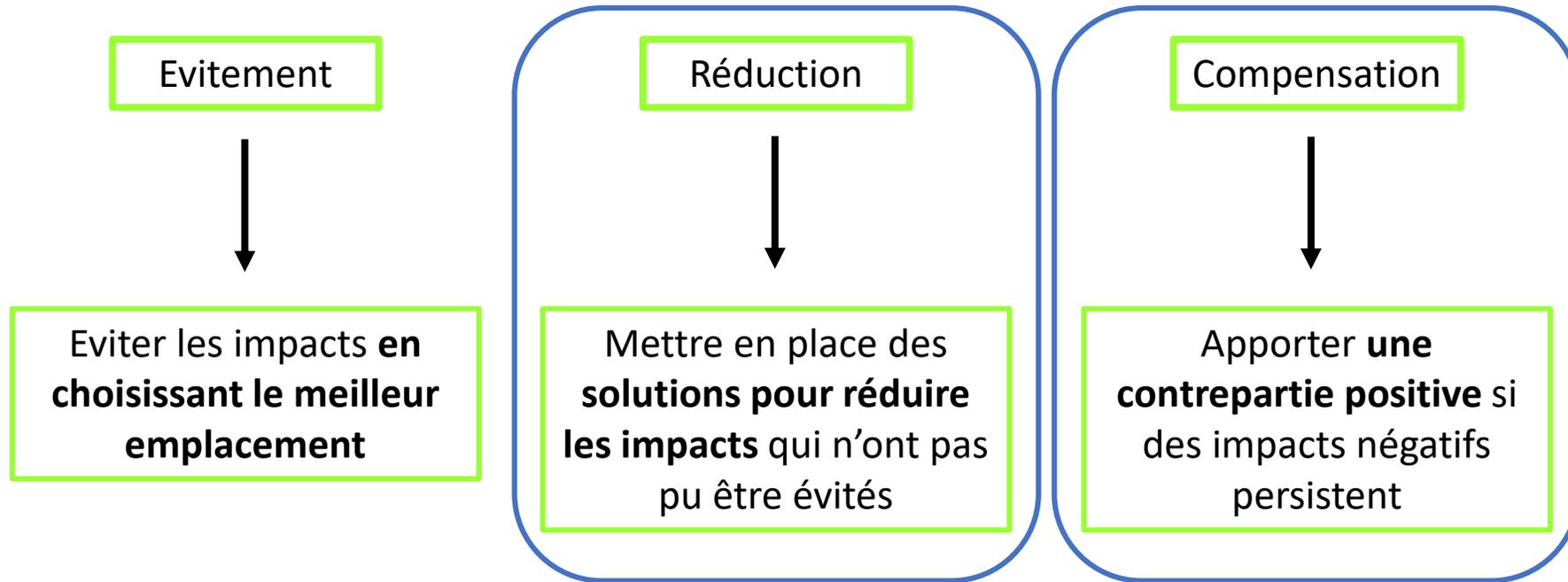
- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.



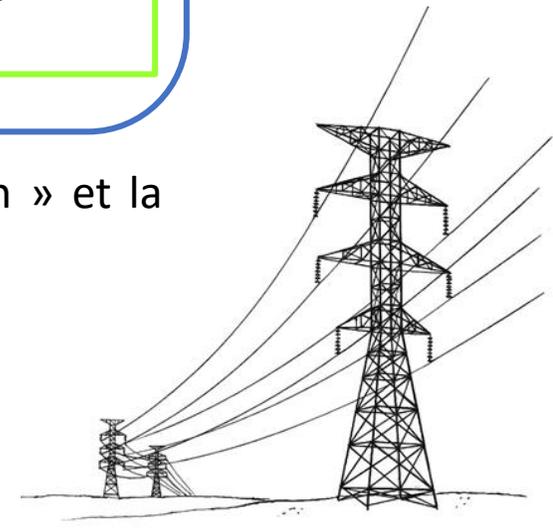
- Constat : « Evitement » complexe à mettre en œuvre la phase.



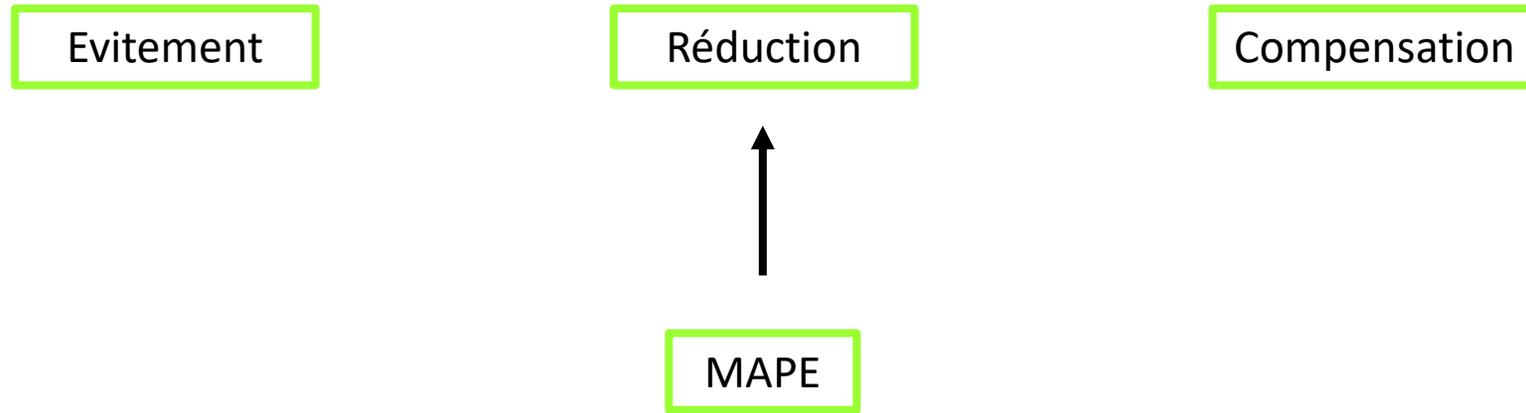
- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.



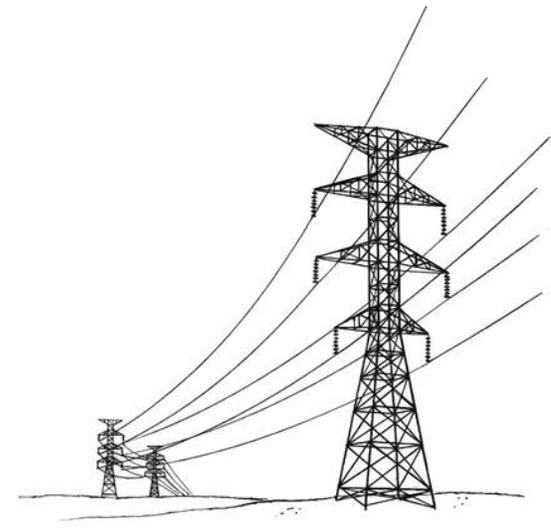
- Constat : la majorité des travaux scientifiques se concentrent sur « Réduction » et la « Compensation ».



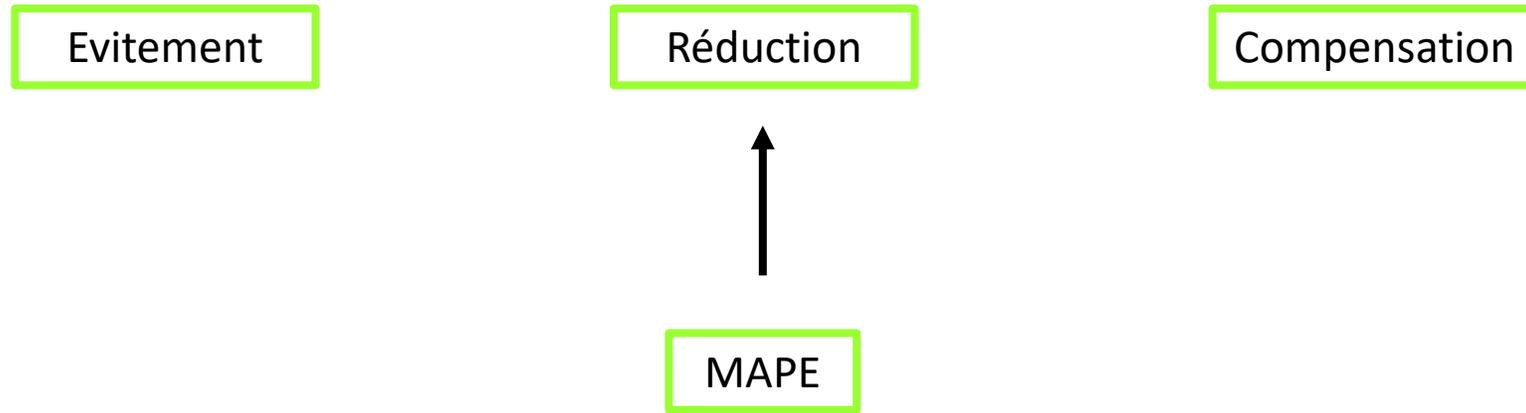
- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.



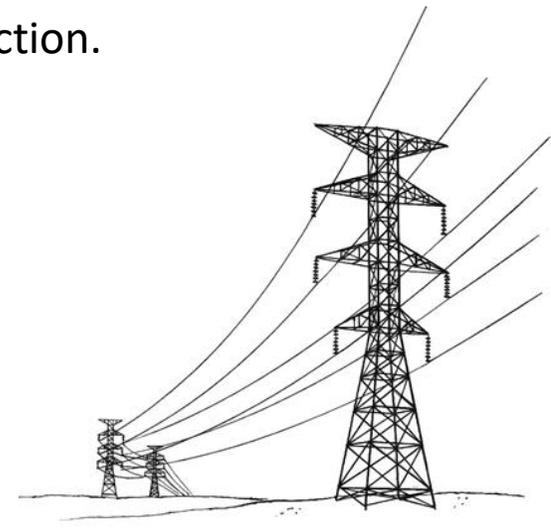
Axes de recherche centrés sur la **réduction**.



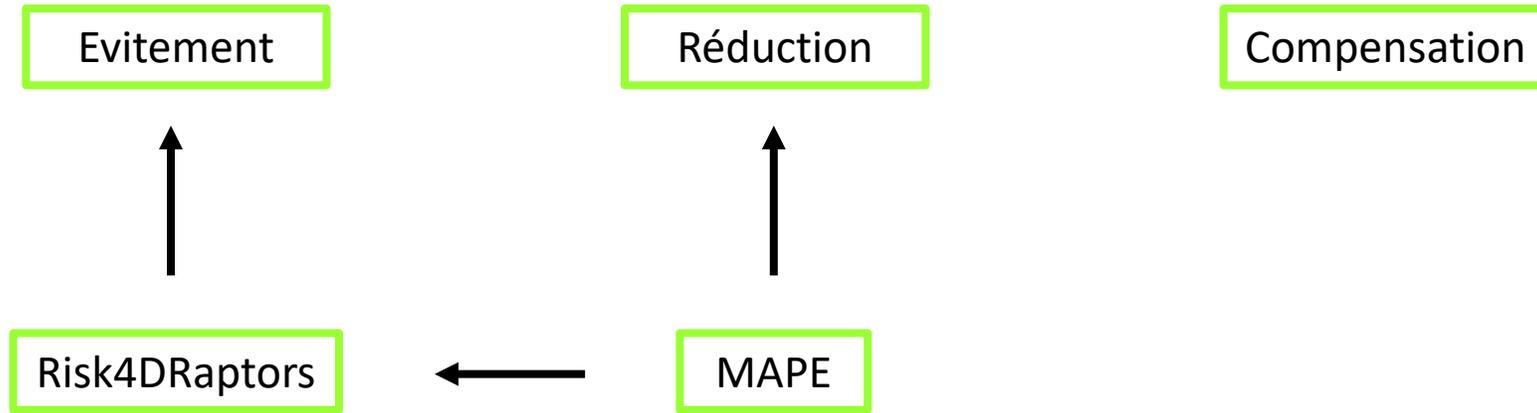
- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.



→ **Besoin de renforcer l'évitement**, pour diminuer le recours aux mesures de réduction.

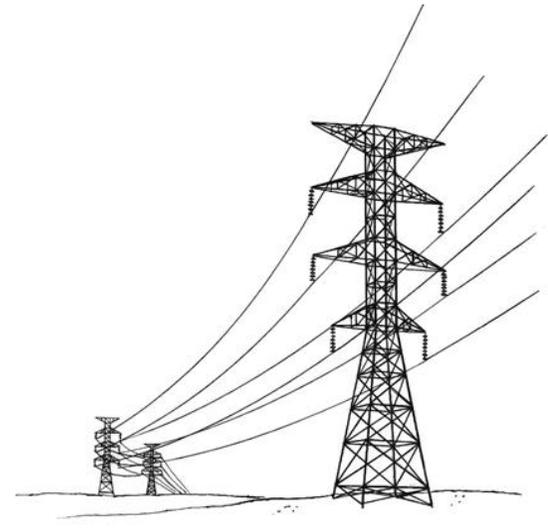


- Séquence ERC dans la loi française depuis 1976.
 - Concerne l'installation des éoliennes et autres infrastructures aériennes.



Ouverture de MAPE à la problématique de l'évitement.
(validé en COPIL le 26-01-2023).

→ Améliorer les connaissances scientifiques pour mettre en œuvre la phase « Evitement ».



- **Consensus international autour des impacts des infrastructures aériennes sur l'avifaune** (*Barrios & Rodriguez 2004, Bastos et al. 2016, D'Amico et al. 2019, Refoyo Roman et al. 2020*).



PROCEEDINGS B
rsob.royalsocietypublishing.org

Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment

scientific reports

OPEN [Check for updates](#)
Assessing the effect of wind farms in fauna with a mathematical model

Journal of Applied Ecology

Journal of Applied Ecology 2016, 53, 1330–1340

doi: 10.1111/1365-2664.12451

MODEL-ASSISTED MONITORING OF BIODIVERSITY

Evaluating the regional cumulative impact of wind farms on birds: how can spatially explicit dynamic modelling improve impact assessments and monitoring?





- **Consensus international autour des impacts des infrastructures aériennes sur l'avifaune** (*Barrios & Rodriguez 2004, Bastos et al. 2016, D'Amico et al. 2019, Refoyo Roman et al. 2020*).

- Impacts liés surtout à :

- Des **pertes d'habitats** (*Carrete et al. 2009, Refoyo Roman et al. 2020, Watson et al. 2018*).
- Des **collisions / percussions** avec les infrastructures (*Barrios & Rodriguez 2004, Bech et al. 2012, Thaxter et al. 2017*).



PROCEEDINGS B
rspb.royalsocietypublishing.org

Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment

scientific reports

OPEN Assessing the effect of wind farms in fauna with a mathematical model

Journal of Applied Ecology

Journal of Applied Ecology 2016, 53, 1330–1340

doi: 10.1111/1365-2664.12451

MODEL-ASSISTED MONITORING OF BIODIVERSITY

Evaluating the regional cumulative impact of wind farms on birds: how can spatially explicit dynamic modelling improve impact assessments and monitoring?



- **Consensus international autour des impacts des infrastructures aériennes sur l'avifaune** (*Barrios & Rodriguez 2004, Bastos et al. 2016, D'Amico et al. 2019, Refoyo Roman et al. 2020*).



- Impacts liés surtout à :
 - Des **pertes d'habitats** (*Carrete et al. 2009, Refoyo Roman et al. 2020, Watson et al. 2018*).
 - Des **collisions / percussions** avec les infrastructures (*Barrios & Rodriguez 2004, Bech et al. 2012, Thaxter et al. 2017*).



- Parmi les oiseaux, les **grands planeurs sont particulièrement impactés** (*Allison et al. 2017, Barrios & Rodriguez 2004, Dohm et al. 2019, Hunt et al. 2017*).



PROCEEDINGS B
rspb.royalsocietypublishing.org

Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment

scientific reports

OPEN Assessing the effect of wind farms in fauna with a mathematical model

Journal of Applied Ecology

Journal of Applied Ecology 2016, 53, 1330–1340

doi: 10.1111/1365-2664.12451

MODEL-ASSISTED MONITORING OF BIODIVERSITY

Evaluating the regional cumulative impact of wind farms on birds: how can spatially explicit dynamic modelling improve impact assessments and monitoring?



- Vols à hauteur des infrastructures aériennes = **conflits d'utilisation de l'espace aérien** (*Lambertucci et al. 2015, Marques et al. 2014, Thaxter et al. 2017, Watson et al. 2018*).



BIODIVERSITY RESEARCH

WILEY Diversity and Distributions

Bird collisions with power lines: Prioritizing species and areas by estimating potential population-level impacts

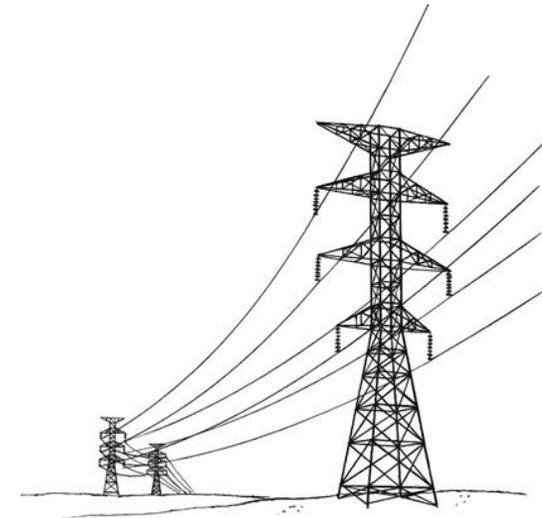
Journal of Applied Ecology 2004
41, 72–81

Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Quantifying the demographic cost of human-related mortality to a raptor population





- Vols à hauteur des infrastructures aériennes = **conflits d'utilisation de l'espace aérien** (*Lambertucci et al. 2015, Marques et al. 2014, Thaxter et al. 2017, Watson et al. 2018*).



- Espèces sensibles à des mortalités additionnelles :
 - Petites populations.
 - Longue durée de vie.

→ **Impacts démographiques** (*Dohm et al. 2019, Sæther & Bakke 2000, Sæther et al. 2016*).



BIODIVERSITY RESEARCH

WILEY Diversity and Distributions

Bird collisions with power lines: Prioritizing species and areas by estimating potential population-level impacts

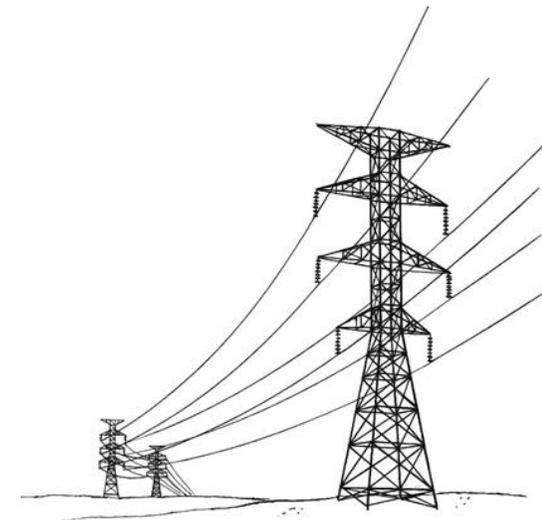
Journal of Applied Ecology 2004
41, 72–81

Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Quantifying the demographic cost of human-related mortality to a raptor population





- Vols à hauteur des infrastructures aériennes = **conflits d'utilisation de l'espace aérien** (*Lambertucci et al. 2015, Marques et al. 2014, Thaxter et al. 2017, Watson et al. 2018*).



- Espèces sensibles à des mortalités additionnelles :
 - Petites populations.
 - Longue durée de vie.

→ **Impacts démographiques** (*Dohm et al. 2019, Sæther & Bakke 2000, Sæther et al. 2016*).



- Grands domaines vitaux → souvent difficile sur le terrain d'identifier les zones à risque.



BIODIVERSITY RESEARCH

WILEY Diversity and Distributions

Bird collisions with power lines: Prioritizing species and areas by estimating potential population-level impacts

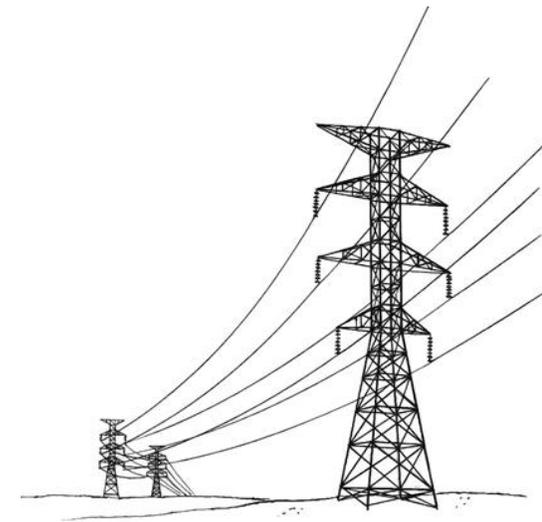
Journal of Applied Ecology 2004
41, 72–81

Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines

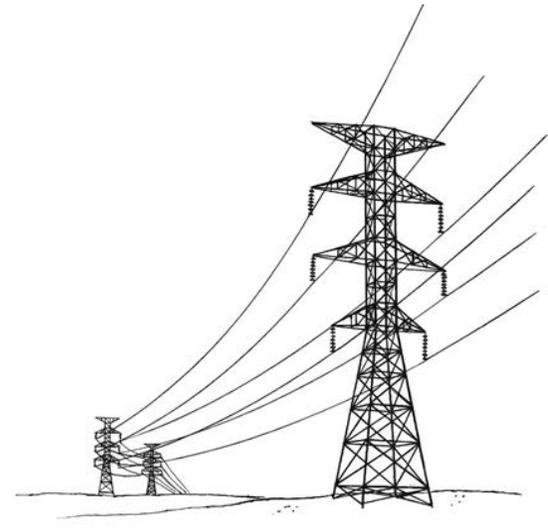
PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Quantifying the demographic cost of human-related mortality to a raptor population



- **Peu d'études** sur la mise en évidence des **zones à éviter** vis-à-vis de ces grands rapaces.

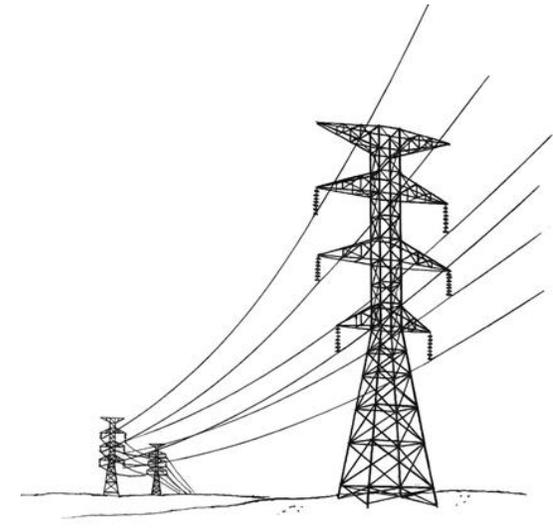




- **Peu d'études** sur la mise en évidence des **zones à éviter** vis-à-vis de ces grands rapaces.

- **Thématique de recherche récente** à l'échelle internationale :

- Gypaète barbu en Suisse (*Vignali et al. 2022*).
- Aigle de Verreaux en Afrique du Sud (*Murgatroyd et al. 2021*).
- Aigle royal aux Etats-Unis (*Sandhu et al. 2022*).
- Aigle royal en Finlande (*Tikkanen et al. 2018*).
- Multi-espèces d'oiseaux (éolien & lignes électriques) en Europe et Amérique du Nord (*Gauld et al. 2022*).



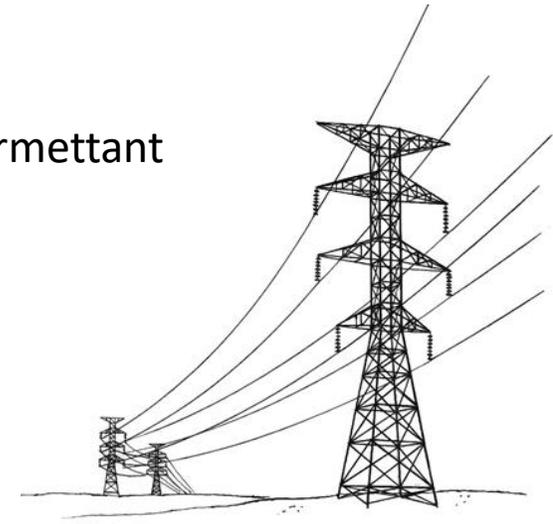


- **Peu d'études** sur la mise en évidence des **zones à éviter** vis-à-vis de ces grands rapaces.

- **Thématique de recherche récente** à l'échelle internationale :

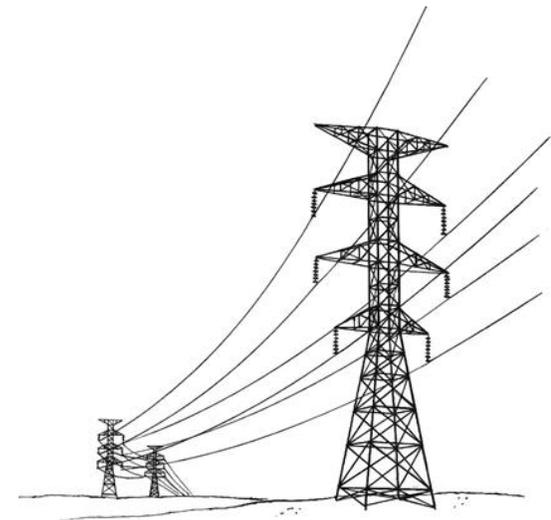
- Gypaète barbu en Suisse (*Vignali et al. 2022*).
- Aigle de Verreaux en Afrique du Sud (*Murgatroyd et al. 2021*).
- Aigle royal aux Etats-Unis (*Sandhu et al. 2022*).
- Aigle royal en Finlande (*Tikkanen et al. 2018*).
- Multi-espèces d'oiseaux (éolien & lignes électriques) en Europe et Amérique du Nord (*Gauld et al. 2022*).

→ Etudes rendues **possibles grâce à de fortes évolutions technologiques** permettant d'étudier le comportement et les déplacements des oiseaux.





- Développer un modèle de **prévision des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :
 - A l'échelle française.
 - Pour les grands rapaces.
 - En prenant en compte la **hauteur de vol**.



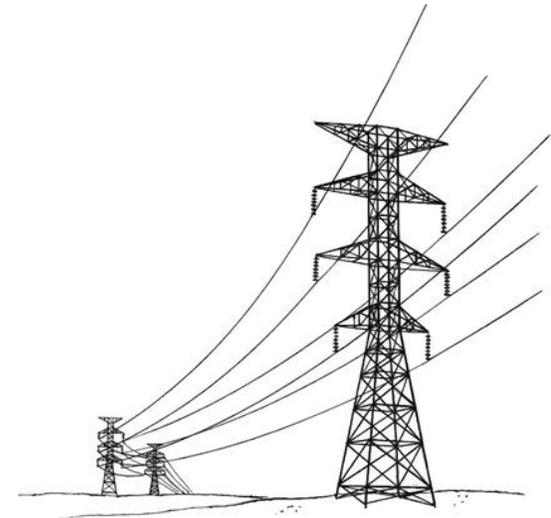


- Développer un modèle de **prévision des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :

- A l'échelle française.
- Pour les grands rapaces.
- En prenant en compte la **hauteur de vol**.



- « zones à risque de collision » = **zones à forts enjeux, favorables à la présence** de grands rapaces.





- Développer un modèle de **prévision des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :

- A l'échelle française.
- Pour les grands rapaces.
- En prenant en compte la **hauteur de vol**.

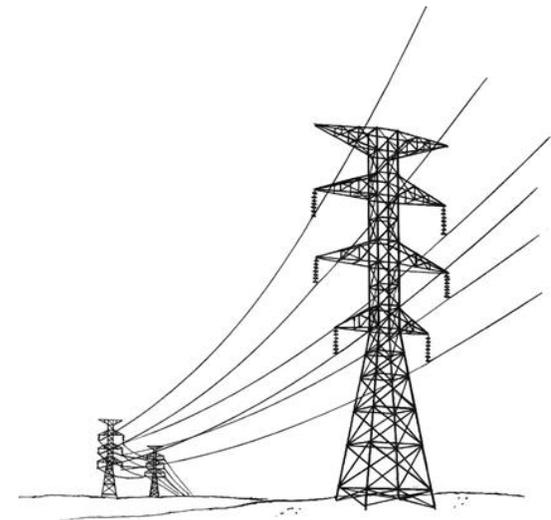


- « zones à risque de collision » = **zones à forts enjeux, favorables à la présence** de grands rapaces.



Définition de l'évitement

Eviter les impacts en
choisissant le meilleur
emplacement





- Développer un modèle de **prévision des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :

- A l'échelle française.
- Pour les grands rapaces.
- En prenant en compte la **hauteur de vol**.



- « zones à risque de collision » = **zones à forts enjeux, favorables à la présence** de grands rapaces.



- **Outil opérationnel d'aide à l'évitement** à destination des aménageurs et des décideurs.





- Développer un modèle de **prévision des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :

- A l'échelle française.
- Pour les grands rapaces.
- En prenant en compte la **hauteur de vol**.



- « zones à risque de collision » = **zones à forts enjeux, favorables à la présence de grands rapaces**.

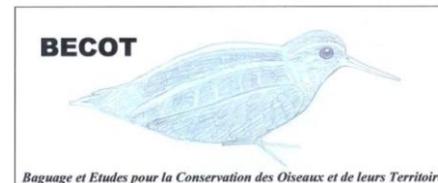


→ **Outil opérationnel d'aide à l'évitement** à destination des aménageurs et des décisionnaires.

Démarche qui sera développée sur l'Aigle royal.
Puis ensuite testée sur une ou plusieurs autres espèces.



- Environ 150 oiseaux équipés d'émetteurs GPS depuis 2014 via le Programme-Personnel n°579 (CRBPO) porté par Christian Itty (Becot).



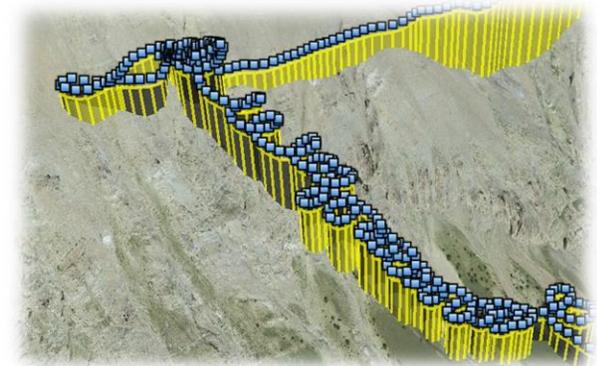
- Environ 150 oiseaux équipés d'émetteurs GPS depuis 2014 via le Programme-Personnel n°579 (CRBPO) porté par Christian Itty (Becot).
- Espèce sensible aux infrastructures aériennes :
 - 9 mortalités recensées parmi les individus équipés.
 - **2^e cause de mortalité anthropique.**



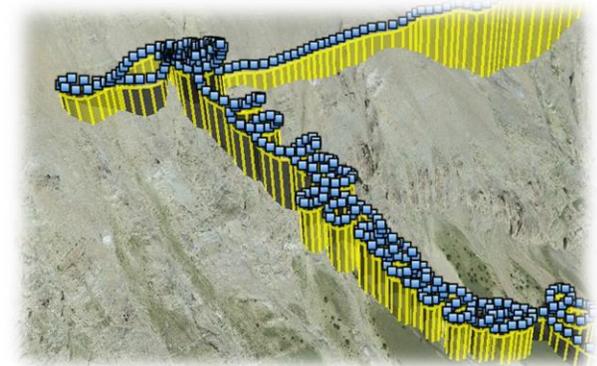
- Environ 150 oiseaux équipés d'émetteurs GPS depuis 2014 via le Programme-Personnel n°579 (CRBPO) porté par Christian Itty (Becot).
- Espèce sensible aux infrastructures aériennes :
 - 9 mortalités recensées parmi les individus équipés.
 - **2^e cause de mortalité anthropique.**
- **Individus reproducteurs + Jeunes.**
- Plusieurs territoires avec **binômes Adulte(s) / Aiglon(s).**
- Près de 60 millions de localisations GPS.



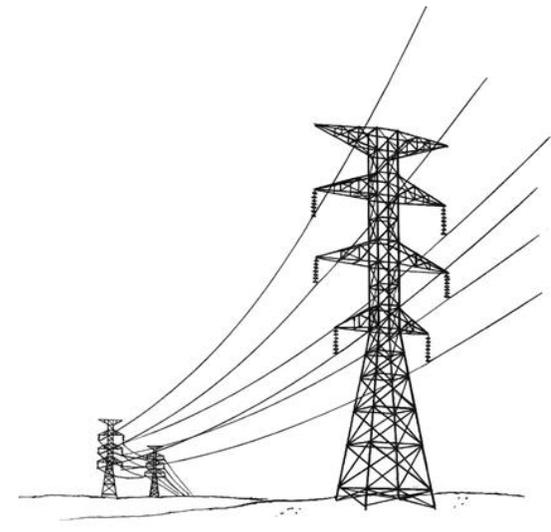
- Balise solaire : **recharge de la batterie par panneau solaire.**
- Technologie miniaturisée donc **matériel très léger.**



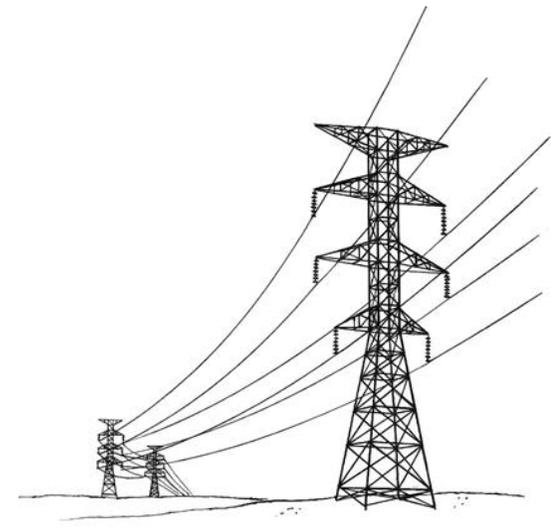
- Balise solaire : **recharge de la batterie par panneau solaire.**
- Technologie miniaturisée donc **matériel très léger.**
- 1 point / minute en moyenne, **jusqu'à 1 point / seconde** en Haute Définition (HD).
- Plusieurs paramètres enregistrés : altitude, vitesse, accélérométrie, pression atmosphérique, etc.



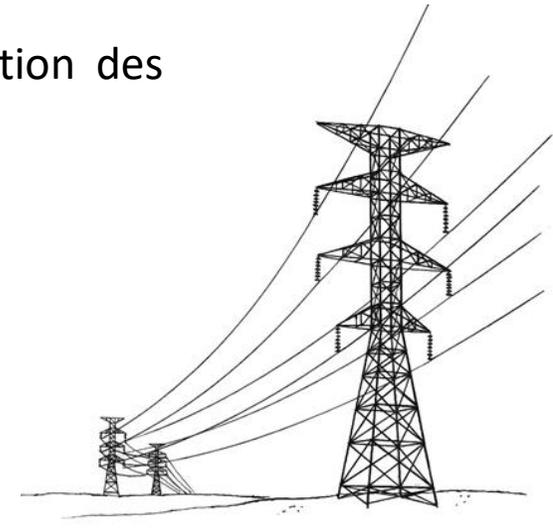
- Ces données GPS vont permettre de :
 - **Comparer l'utilisation de l'espace par les jeunes et les adultes** pour tester si on peut utiliser les données des jeunes de la même manière que celles des adultes.



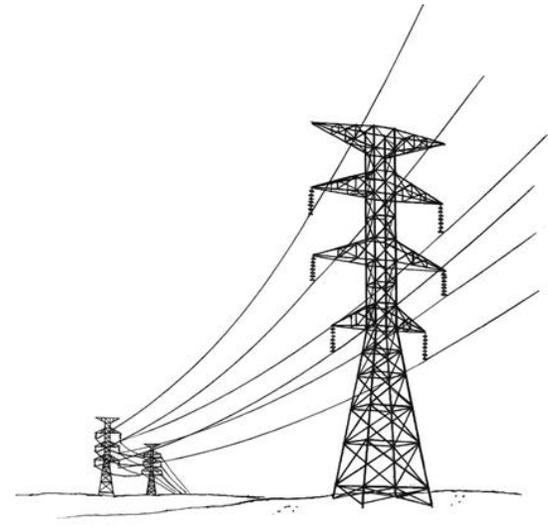
- Ces données GPS vont permettre de :
 - **Comparer l'utilisation de l'espace par les jeunes et les adultes** pour tester si on peut utiliser les données des jeunes de la même manière que celles des adultes.
 - **Modéliser l'utilisation de l'espace en 3 dimensions.**
 - **Prédire les zones à enjeux** grâce aux modèles statistiques.



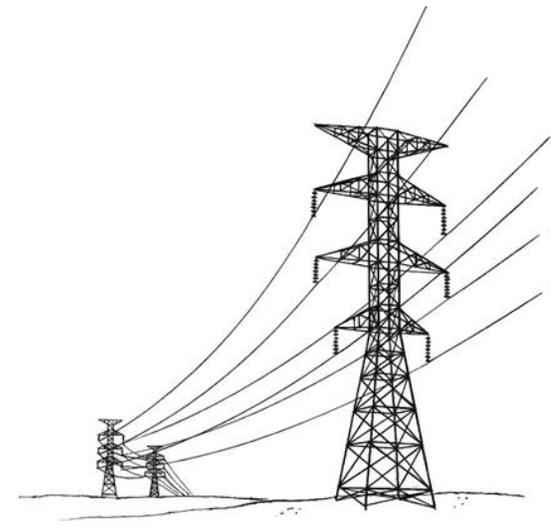
- Ces données GPS vont permettre de :
 - **Comparer l'utilisation de l'espace par les jeunes et les adultes** pour tester si on peut utiliser les données des jeunes de la même manière que celles des adultes.
 - Modéliser l'**utilisation de l'espace en 3 dimensions**.
 - **Prédire les zones à enjeux** grâce aux modèles statistiques.
 - Développer une **application web en accès libre** permettant la consultation des cartes sous forme interactive.



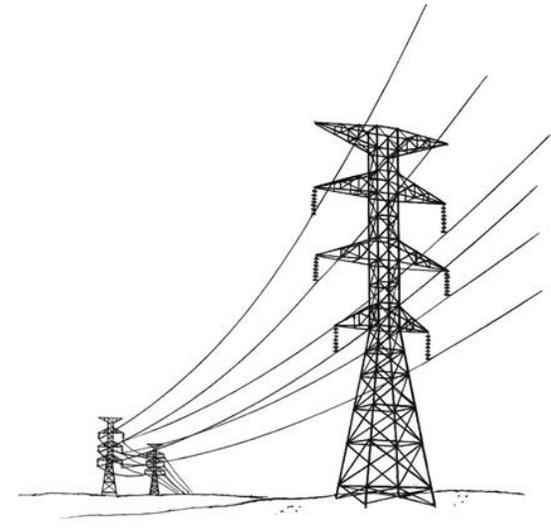
- Avantages :
 - Jeunes souvent **plus faciles à capturer** que les adultes : technique moins chronophage, individus moins mobiles, etc.



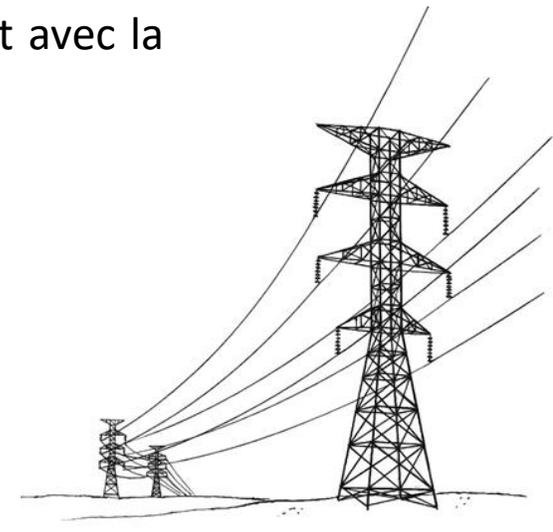
- Avantages :
 - Jeunes souvent **plus faciles à capturer** que les adultes : technique moins chronophage, individus moins mobiles, etc.
 - Plusieurs territoires avec seulement des jeunes équipés : **résultats plus robustes avec plus d'individus.**



- Avantages :
 - Jeunes souvent **plus faciles à capturer** que les adultes : technique moins chronophage, individus moins mobiles, etc.
 - Plusieurs territoires avec seulement des jeunes équipés : **résultats plus robustes avec plus d'individus.**
- Risque :
 - Jeunes en apprentissages donc peut-être pas le même comportement ?



- Avantages :
 - Jeunes souvent **plus faciles à capturer** que les adultes : technique moins chronophage, individus moins mobiles, etc.
 - Plusieurs territoires avec seulement des jeunes équipés : **résultats plus robustes avec plus d'individus.**
 - Risque :
 - Jeunes en apprentissages donc peut-être pas le même comportement ?
- Objectif : **inférer l'utilisation de l'espace des adultes avec les données des jeunes.**
- Est-ce que le **jeune va prospecter l'intégralité de son territoire** de naissance et avec la même intensité que ses parents, et **fréquenter les mêmes habitats** ?



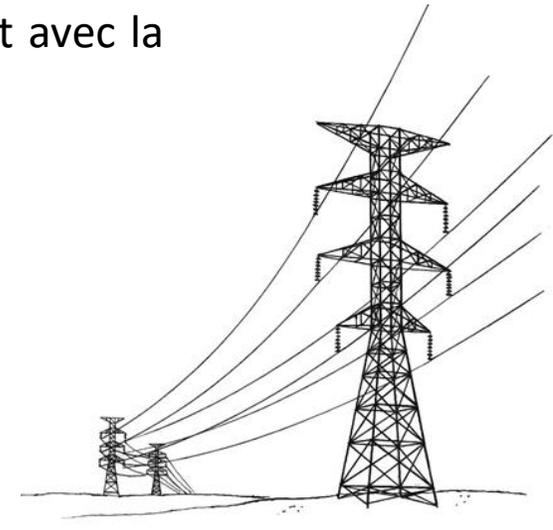
- Avantages :
 - Jeunes souvent **plus faciles à capturer** que les adultes : technique moins chronophage, individus moins mobiles, etc.
 - Plusieurs territoires avec seulement des jeunes équipés : **résultats plus robustes avec plus d'individus.**
- Risque :
 - Jeunes en apprentissages donc peut-être pas le même comportement ?



→ Objectif : **inférer l'utilisation de l'espace des adultes avec les données des jeunes.**

- Est-ce que le **jeune va prospecter l'intégralité de son territoire** de naissance et avec la même intensité que ses parents, et **fréquenter les mêmes habitats** ?

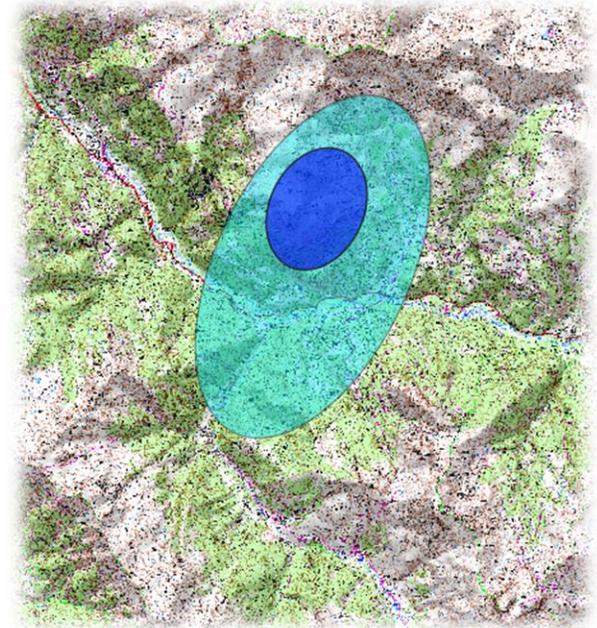
→ Absence de bibliographie scientifique internationale sur le sujet.



- **Domaine vital (DV)** : « *Territoire utilisé au quotidien par un animal pour ses besoins (alimentation, reproduction, etc.)* »



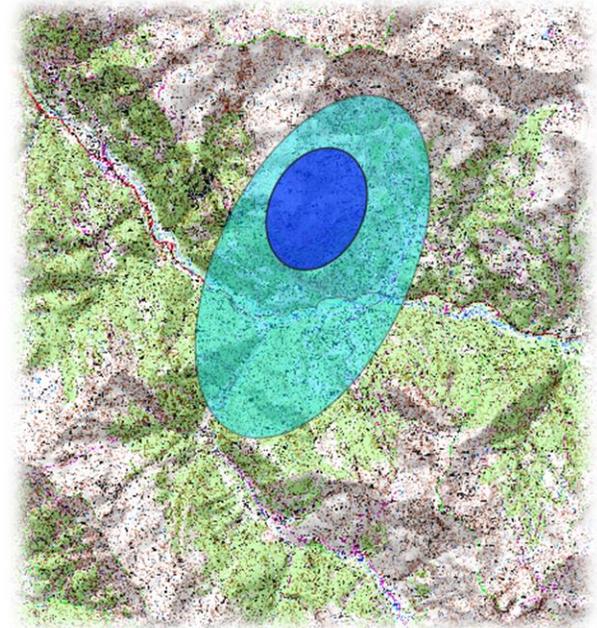
- **Domaine vital (DV)** : « *Territoire utilisé au quotidien par un animal pour ses besoins (alimentation, reproduction, etc.)* »
- Délimitation des domaines vitaux des adultes et des jeunes de chaque binôme :
 - Cœur de domaine vital.
 - Domaine vital dans son ensemble.



- DV total
- Cœur de DV



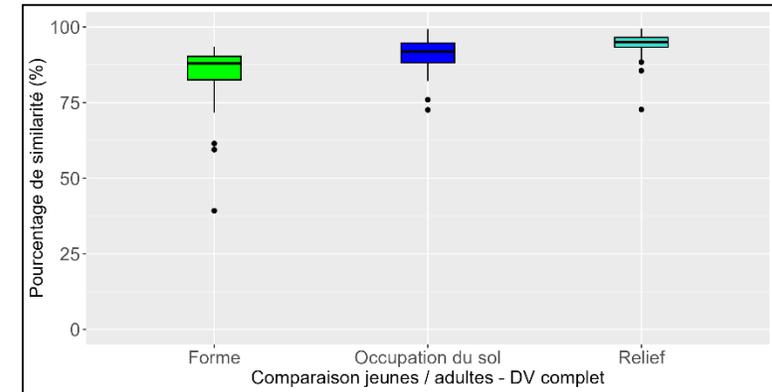
- **Domaine vital (DV)** : « *Territoire utilisé au quotidien par un animal pour ses besoins (alimentation, reproduction, etc.)* »
- Délimitation des domaines vitaux des adultes et des jeunes de chaque binôme :
 - Cœur de domaine vital.
 - Domaine vital dans son ensemble.
- **Comparaison des domaines vitaux** jeunes et adultes sur :
 - Leur forme.
 - L'utilisation de l'habitat.



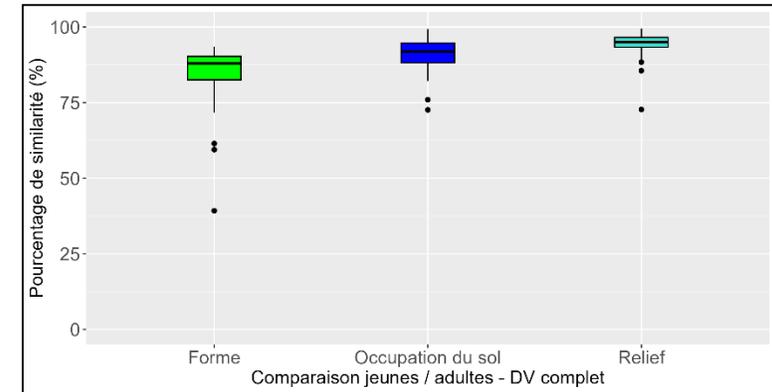
- DV total
- Cœur de DV



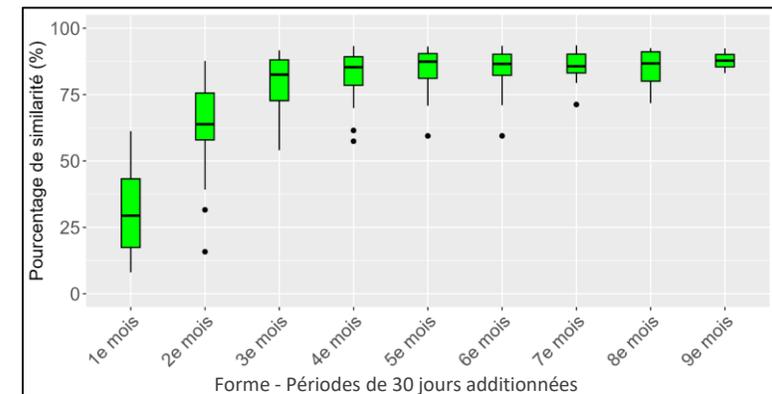
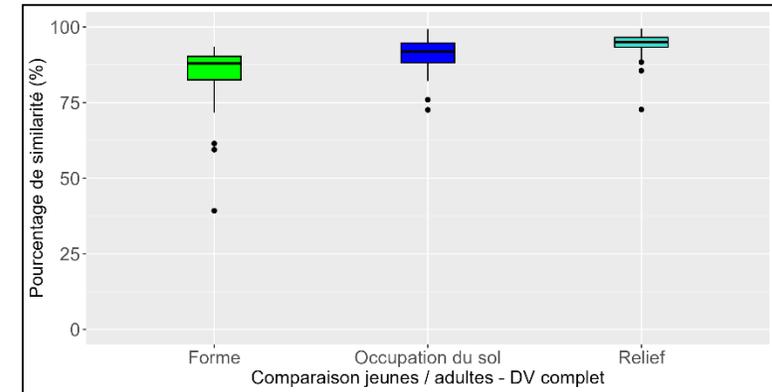
- Domaine vital dans son ensemble :



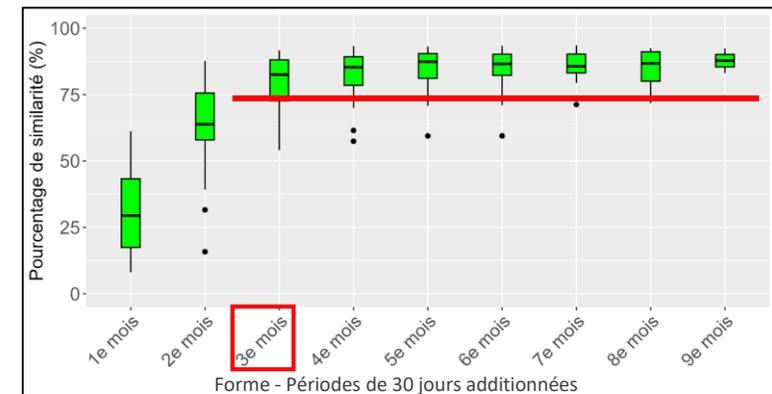
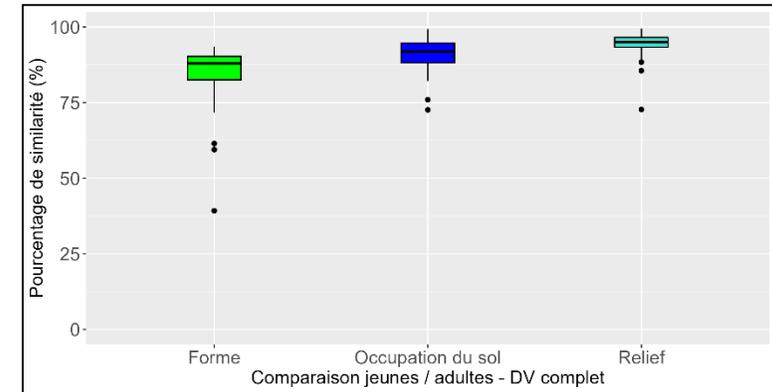
- Domaine vital dans son ensemble :
 - **Très forte similarité** entre le jeune et l'adulte dans :
 - l'utilisation de l'espace.
 - l'utilisation de l'habitat.



- Domaine vital dans son ensemble :
 - **Très forte similarité** entre le jeune et l'adulte dans :
 - l'utilisation de l'espace.
 - l'utilisation de l'habitat.
- Progression mensuelle :
 - **Augmentations progressives les 2 premiers mois.**

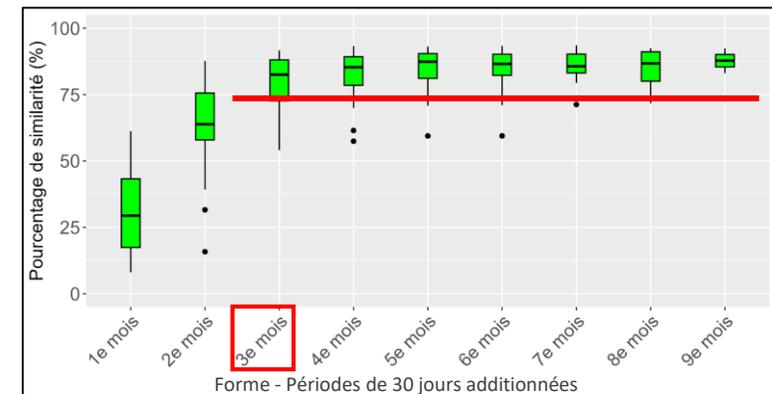
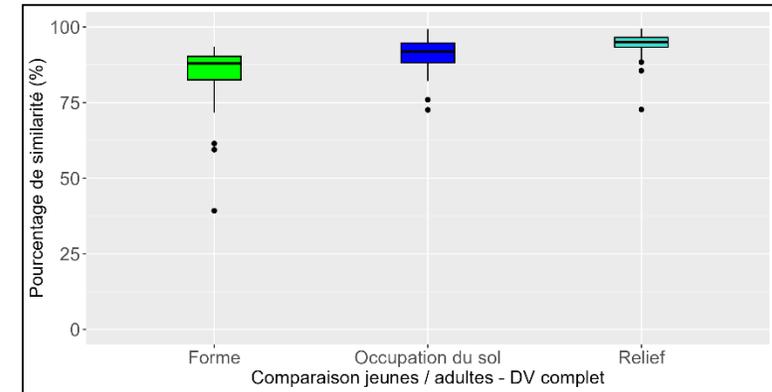


- Domaine vital dans son ensemble :
 - **Très forte similarité** entre le jeune et l'adulte dans :
 - l'utilisation de l'espace.
 - l'utilisation de l'habitat.
- Progression mensuelle :
 - **Augmentations progressives les 2 premiers mois.**
 - **Forte similarité atteinte à partir du 3^e mois.**



- Domaine vital dans son ensemble :
 - **Très forte similarité** entre le jeune et l'adulte dans :
 - l'utilisation de l'espace.
 - l'utilisation de l'habitat.
- Progression mensuelle :
 - **Augmentations progressives les 2 premiers mois.**
 - **Forte similarité atteinte à partir du 3^e mois.**

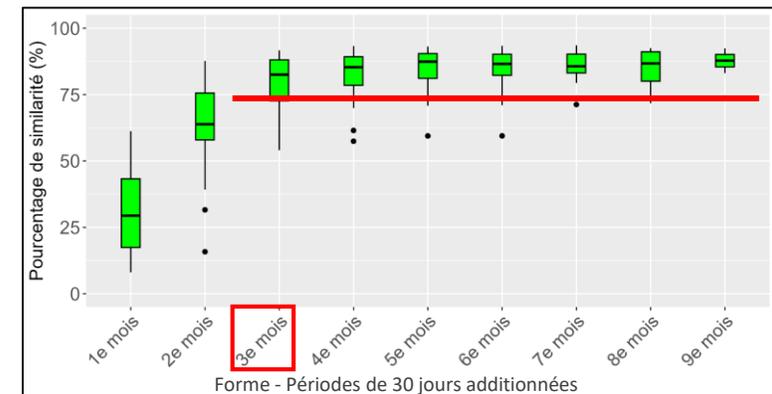
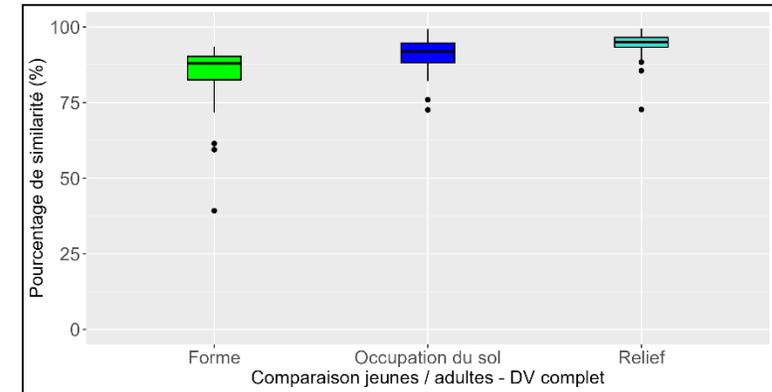
→ Avec **3 mois de données du jeune**, on peut bien **délimiter les DV des adultes** dans leur ensemble ainsi que **les habitats les plus utilisés.**



- Domaine vital dans son ensemble :
 - **Très forte similarité** entre le jeune et l'adulte dans :
 - l'utilisation de l'espace.
 - l'utilisation de l'habitat.
- Progression mensuelle :
 - **Augmentations progressives les 2 premiers mois.**
 - **Forte similarité atteinte à partir du 3^e mois.**

→ Avec **3 mois de données du jeune**, on peut bien **délimiter les DV des adultes** dans leur ensemble ainsi que **les habitats les plus utilisés.**

On peut donc utiliser les données des jeunes pour la suite du projet.

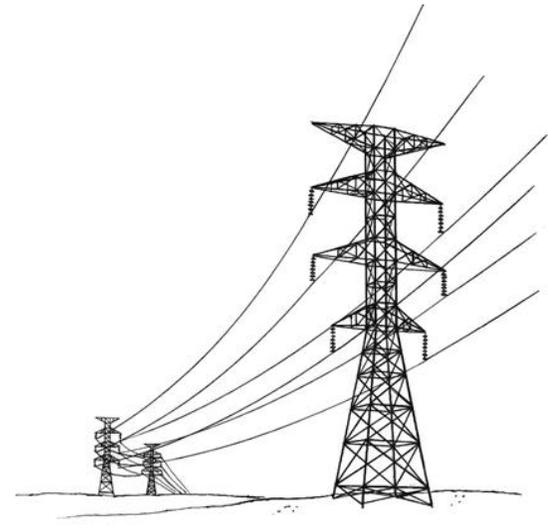


Résultats novateurs

Article scientifique en cours d'écriture pour une revue internationale



- Pour **prédire les zones à enjeux** : besoin de modéliser l'**utilisation de l'espace par l'espèce retenue**.

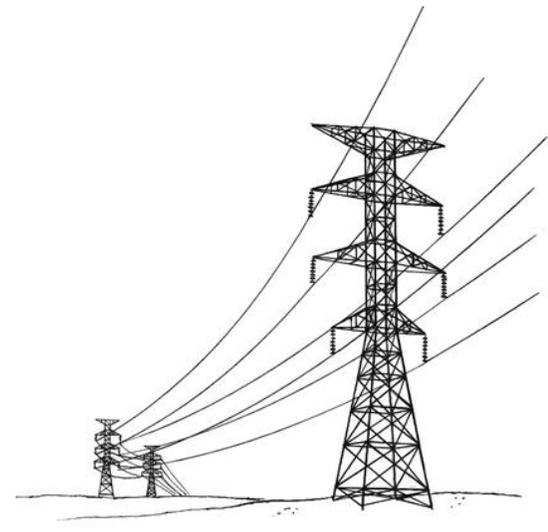




- Pour **prédire les zones à enjeux** : besoin de modéliser l'**utilisation de l'espace par l'espèce retenue**.

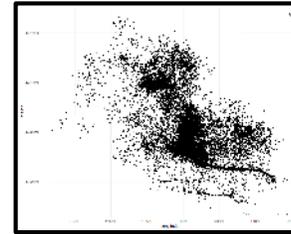


- Un animal **délaisse les habitats qui ne lui sont pas favorables** et cherche à **sélectionner les habitats qui lui sont favorables**.

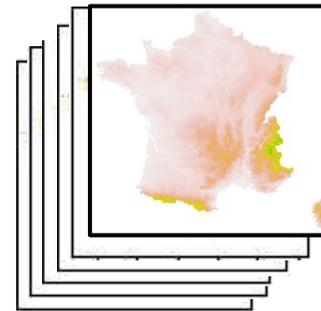


- Pour étudier l'utilisation de l'habitat, on a besoin :
 - De données de localisations.
 - De variables décrivant l'habitat.
 - De modèles statistiques spécifiques.

Localisations individus

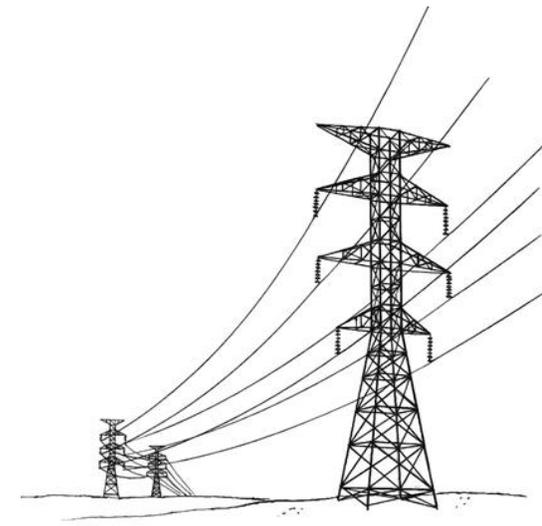


Variables habitats



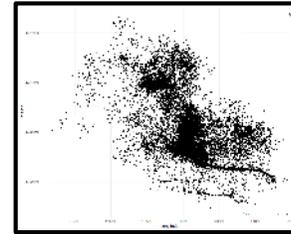
	V1	V2	V3	V4
P1
P2
P3

Modèle statistique

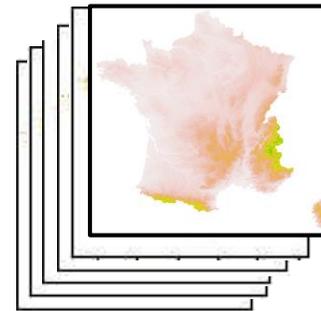


- Pour étudier l'utilisation de l'habitat, on a besoin :
 - De données de localisations.
 - De variables décrivant l'habitat.
 - De modèles statistiques spécifiques.
- A partir du modèle retenu, on peut **prédire spatialement les zones les plus utilisées**, même celles sans données de localisations.

Localisations individus

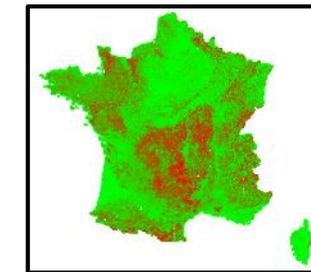


Variables habitats



	V1	V2	V3	V4
P1
P2
P3

Modèle statistique

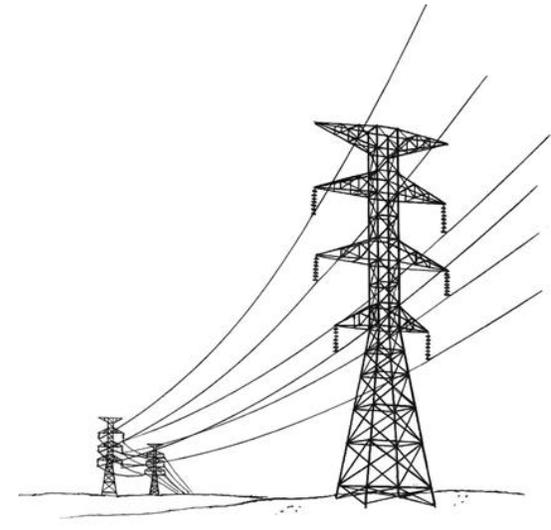


Carte de distribution de l'espèce



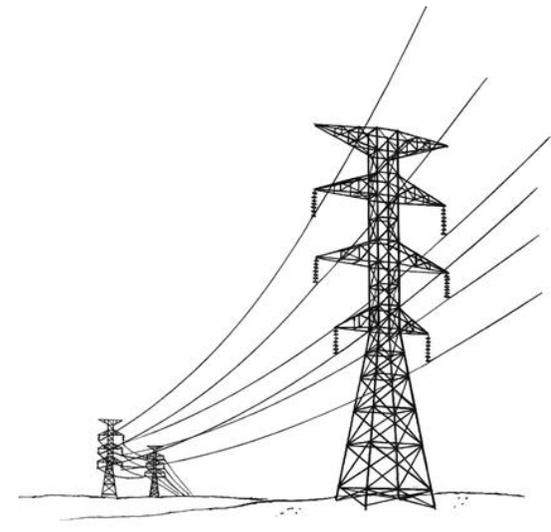


- Littérature scientifique abondante **sur le 2D donc méthodologie identifiée.**
 - Utilisation de variables décrivant l'habitats : occupation du sol, topographie, etc.





- Littérature scientifique abondante **sur le 2D donc méthodologie identifiée.**
 - Utilisation de variables décrivant l'habitats : occupation du sol, topographie, etc.
- Ajout d'une **couche 3D avec l'altitude de vol :**

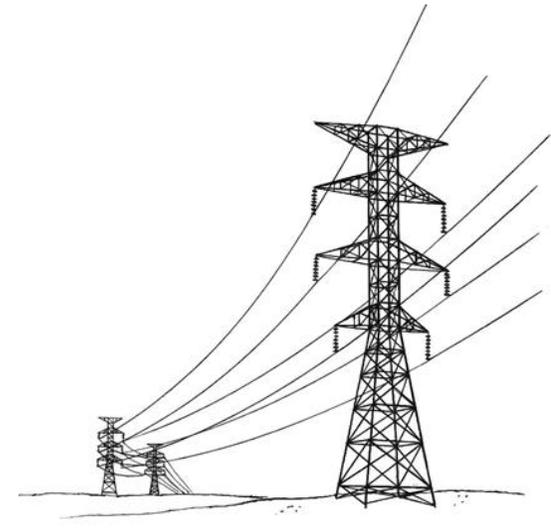




- Littérature scientifique abondante **sur le 2D donc méthodologie identifiée.**
 - Utilisation de variables décrivant l'habitats : occupation du sol, topographie, etc.



- Ajout d'une **couche 3D avec l'altitude de vol :**
 - « Hauteur à risque » = jusqu'à laquelle les oiseaux sont en **conflit d'utilisation de l'espace aérien** avec les infrastructures.
 - Modéliser la **probabilité de voler à une hauteur à risque**, en fonction des habitats.





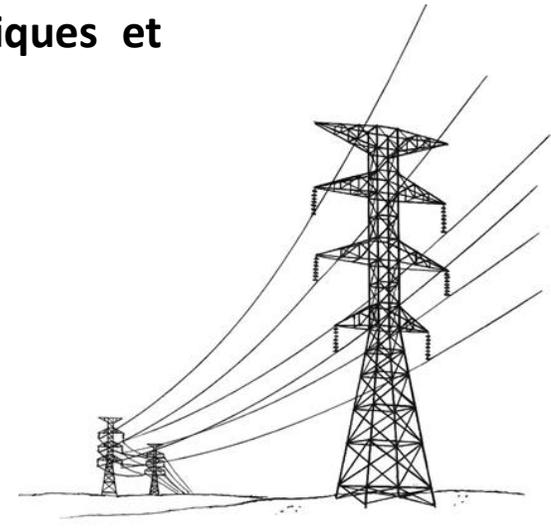
- Littérature scientifique abondante **sur le 2D donc méthodologie identifiée.**
 - Utilisation de variables décrivant l'habitats : occupation du sol, topographie, etc.



- Ajout d'une **couche 3D avec l'altitude de vol** :
 - « Hauteur à risque » = jusqu'à laquelle les oiseaux sont en **conflit d'utilisation de l'espace aérien** avec les infrastructures.
 - Modéliser la **probabilité de voler à une hauteur à risque**, en fonction des habitats.
 - Pour des **espèces volantes**, étudier l'utilisation de l'habitat = **étudier aussi l'utilisation de l'espace aérien.**
 - Variables d'habitats pour décrire l'espace aérien : les **courants thermiques et orographiques.**



→ **Sujet novateur** car peu d'études scientifiques internationales.



- Importance des thermiques et orographiques pour le vol des rapaces :
 - **Gains énergétiques au vol plané** et pour la prise d'altitude comparé au vol battu (*Hanssen et al. 2020, Hedenström & Åkesson 2016, Scacco et al. 2016, Shamoun-Baranes et al. 2016, Taylor et al. 2016*).
 - Permet de **parcourir de longues distances à moindre coût** (Sparr et al. 2000, *Shamoun-Baranes et al. 2003*).

Soaring energetics and glide performance in a moving atmosphere

Graham K. Taylor, Kate V. Reynolds and Adrian L. R. Thomas

Static landscape features predict uplift locations for soaring birds across Europe

Martina Scacco¹, Andrea Flack¹, Olivier Duriez², Martin Wikelski^{1,3} and Kamran Safi¹

Flap or soar? How a flight generalist responds to its aerial environment

Judy Shamoun-Baranes¹, Willem Bouten¹, E. Emiel van Loon¹, Christiaan Meijer² and C. J. Camphuysen³

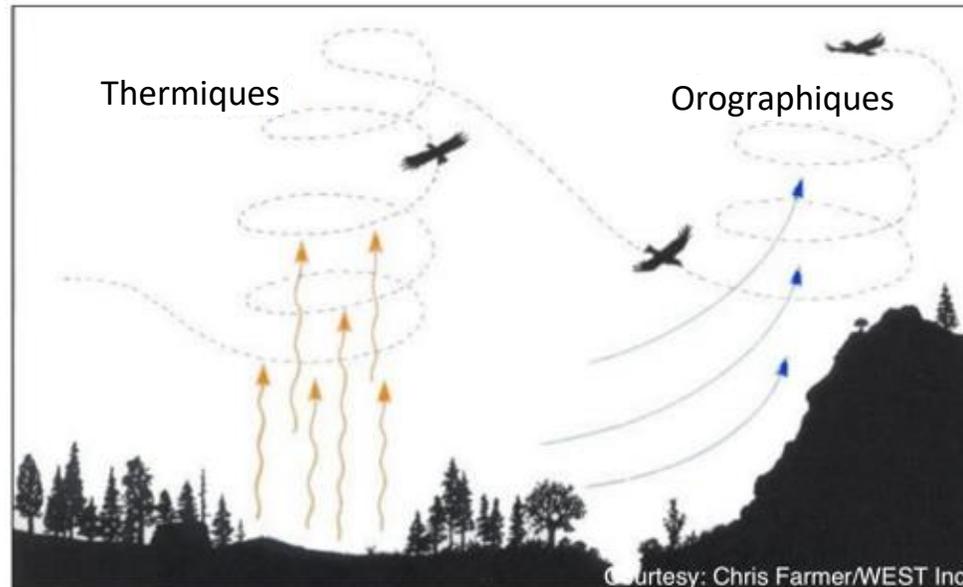
High-Resolution Modeling of Uplift Landscapes can Inform Micrositing of Wind Turbines for Soaring Raptors

Frank Hanssen¹ · Roel May¹ · Torgeir Nygård¹

Ecology of tern flight in relation to wind, topography and aerodynamic theory

Anders Hedenström and Susanne Åkesson

- Importance des thermiques et orographiques pour le vol des rapaces :
 - **Gains énergétiques au vol plané** et pour la prise d'altitude comparé au vol battu (*Hanssen et al. 2020, Hedenström & Åkesson 2016, Scacco et al. 2016, Shamoun-Baranes et al. 2016, Taylor et al. 2016*).
 - Permet de **parcourir de longues distances à moindre coût** (*Sparr et al. 2000, Shamoun-Baranes et al. 2003*).



- Déclenchement des orographiques avec le relief (lignes de crêtes, etc.).

Soaring energetics and glide performance in a moving atmosphere

Graham K. Taylor, Kate V. Reynolds and Adrian L. R. Thomas

Static landscape features predict uplift locations for soaring birds across Europe

Martina Scacco¹, Andrea Flack¹, Olivier Duriez²,
Martin Wikelski^{1,3} and Kamran Safi¹

Flap or soar? How a flight generalist responds to its aerial environment

Judy Shamoun-Baranes¹, Willem Bouten¹, E. Emiel van Loon¹,
Christiaan Meijer² and C. J. Camphuysen³

High-Resolution Modeling of Uplift Landscapes can Inform Micrositing of Wind Turbines for Soaring Raptors

Frank Hanssen¹ · Roel May² · Torgeir Nygård¹

Ecology of tern flight in relation to wind, topography and aerodynamic theory

Anders Hedenström and Susanne Åkesson



- Données inexistantes en France.

- Modèles mathématiques existants (*Bohrer et al. 2012, Brandes & Ombalski 2004, Hanssen et al. 2020, Sandhu et al. 2022*).

- Données brutes disponibles auprès de Météo-France et l'IGN.



ECOLOGY LETTERS

Ecology Letters, (2011)

doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01713.x

LETTER

Estimating updraft velocity components over large spatial scales: contrasting migration strategies of golden eagles and turkey vultures

High-Resolution Modeling of Uplift Landscapes can Inform Micrositing of Wind Turbines for Soaring Raptors

Frank Hanssen¹ · Roel May¹ · Torgeir Nygård¹



Contents lists available at ScienceDirect

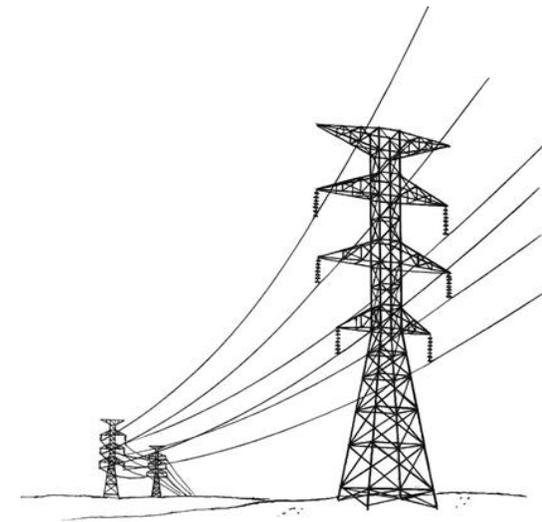
Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



Stochastic agent-based model for predicting turbine-scale raptor movements during updraft-subsidized directional flights

Rimple Sandhu^{a,*}, Charles Tripp^b, Eliot Quon^a, Regis Thedin^a, Michael Lawson^a, David Brandes^a, Christopher J. Farmer^c, Tricia A. Miller^{a,f}, Caroline Draxl^a, Paula Doubrawa^a, Lindy Williams^b, Adam E. Duer^{e,f}, Melissa A. Braham^e, Todd Katzner^d





- Données inexistantes en France.

- Modèles mathématiques existants (*Bohrer et al. 2012, Brandes & Ombalski 2004, Hanssen et al. 2020, Sandhu et al. 2022*).

- Données brutes disponibles auprès de Météo-France et l'IGN.

→ **Reconstruction et modélisation des courants thermiques et orographiques.**



ECOLOGY LETTERS

Ecology Letters, (2011)

doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01713.x

LETTER

Estimating updraft velocity components over large spatial scales: contrasting migration strategies of golden eagles and turkey vultures

High-Resolution Modeling of Uplift Landscapes can Inform Micrositing of Wind Turbines for Soaring Raptors

Frank Hanssen¹ · Roel May¹ · Torgeir Nygård¹



Contents lists available at ScienceDirect

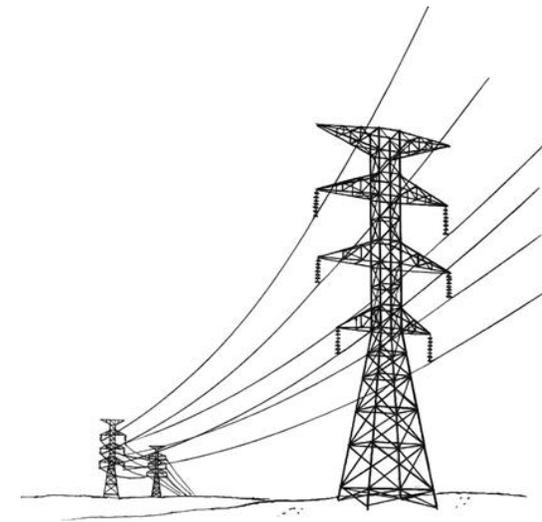
Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



Stochastic agent-based model for predicting turbine-scale raptor movements during updraft-subsidized directional flights

Rimple Sandhu^{a,*}, Charles Tripp^b, Eliot Quon^a, Regis Thedin^a, Michael Lawson^a, David Brandes^a, Christopher J. Farmer^c, Tricia A. Miller^{a,f}, Caroline Draxl^a, Paula Doubrawa^a, Lindy Williams^b, Adam E. Duer^{e,f}, Melissa A. Braham^e, Todd Katzner^d



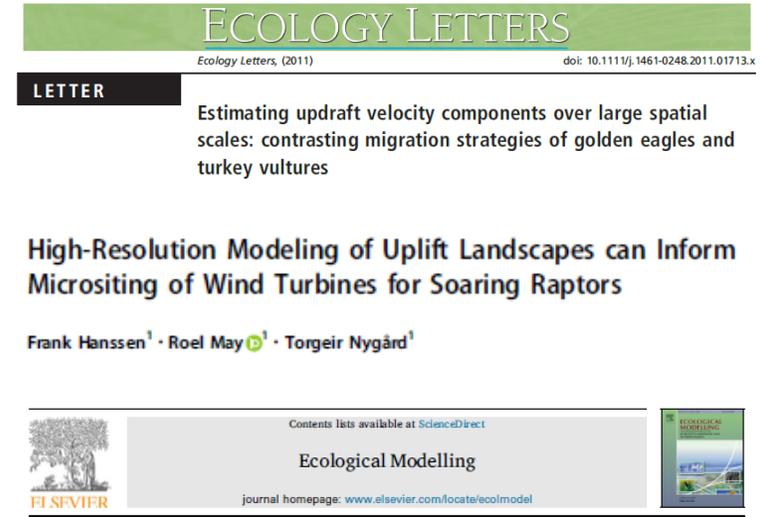


- Données inexistantes en France.
- Modèles mathématiques existants (*Bohrer et al. 2012, Brandes & Ombalski 2004, Hanssen et al. 2020, Sandhu et al. 2022*).
- Données brutes disponibles auprès de Météo-France et l'IGN.

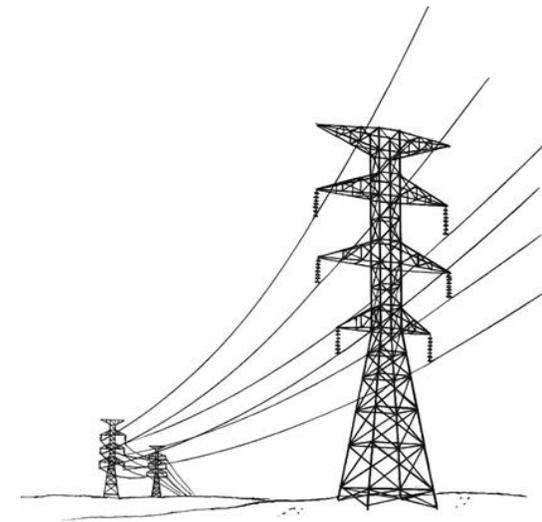


→ **Reconstruction et modélisation des courants thermiques et orographiques.**

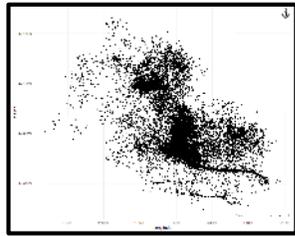
- Ajout possible de variables « habitats aériens » pour le 3D.



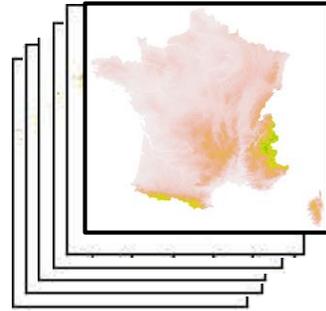
Stochastic agent-based model for predicting turbine-scale raptor movements during updraft-subsidized directional flights
Rimple Sandhu^{a*}, Charles Tripp^b, Eliot Quon^a, Régis Thedin^a, Michael Lawson^a, David Brandes^a, Christopher J. Farmer^c, Tricia A. Miller^{a,f}, Caroline Draxl^a, Paula Doubrawa^a, Lindy Williams^b, Adam E. Duer^{a,f}, Melissa A. Braham^e, Todd Katzner^d



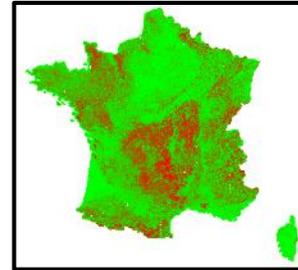
- Livrable final : compilation des cartes en une **application Shiny**.



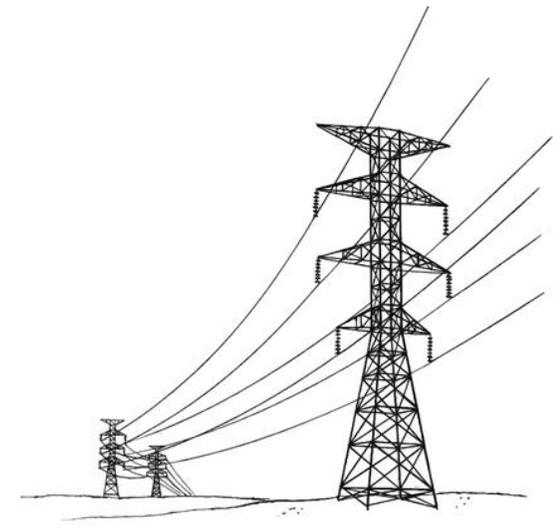
Localisations individus



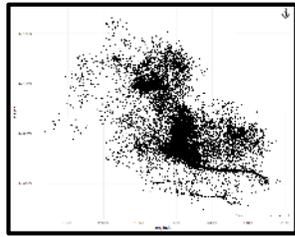
Variables habitats



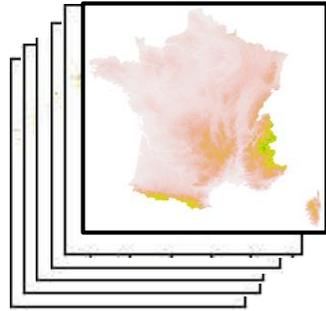
Prédiction du risque relatif



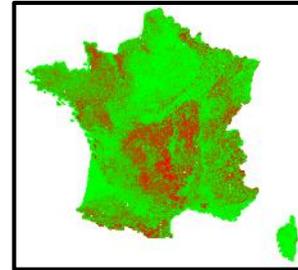
- Livrable final : compilation des cartes en une **application Shiny**.



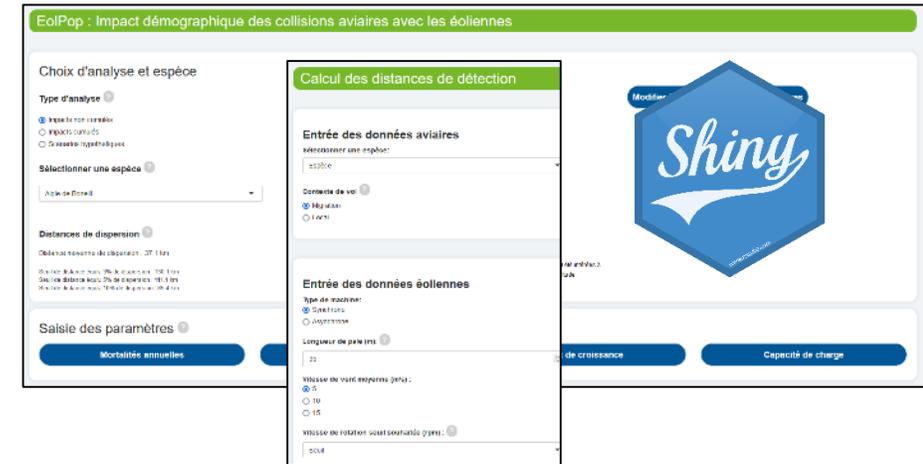
Localisations individus



Variables habitats

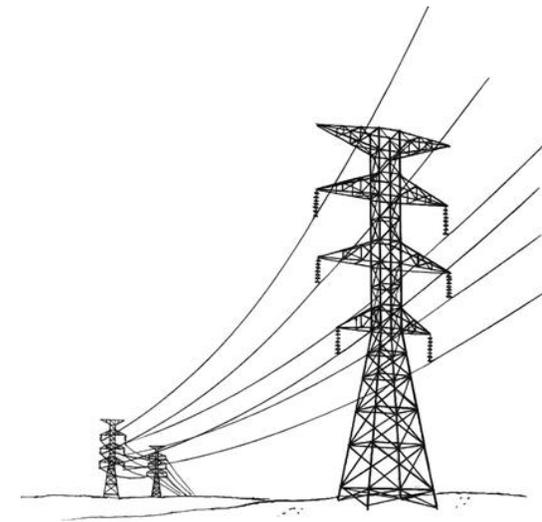


Prédiction du risque relatif



- Application qui sera :

- Utile pour visualiser les enjeux vis-à-vis des grands rapaces.
- En accès libre.
- Accompagnée de tutoriels.
- Evolutive : ajouts d'autres espèces, de nouvelles données, etc.



Merci pour votre attention



École Pratique
des Hautes Études

