

# Risk4DRaptors

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

Arzhela HEMERY, CEFE - CNRS

Séminaire MAPE, Montpellier,

18-01-2024



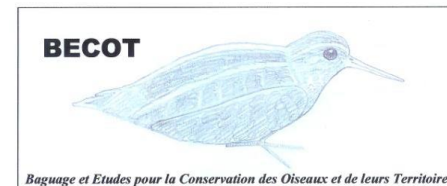
École Pratique  
des Hautes Études



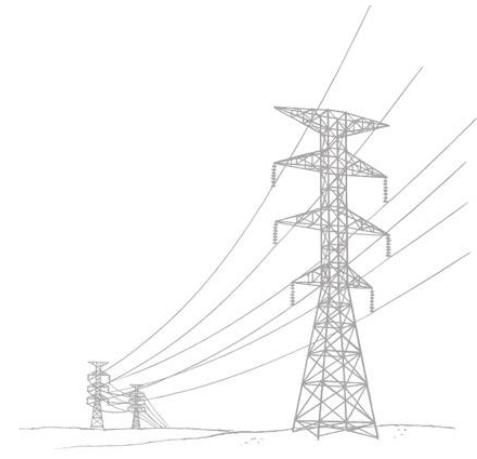
- Financement : ADEME – AAP R&D Energie Durable Edition 2020/2021.
- Durée du projet : 2022 / 2024.
- Doctorat.
- Encadrement :
  - Directeur de thèse : Aurélien Besnard (EPHE - CEFE).
  - Co-directeurs : Olivier Duriez (Université de Montpellier - CEFE) & Pierre-Yves Henry (CRBPO - MNHN).
  - Partenaire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



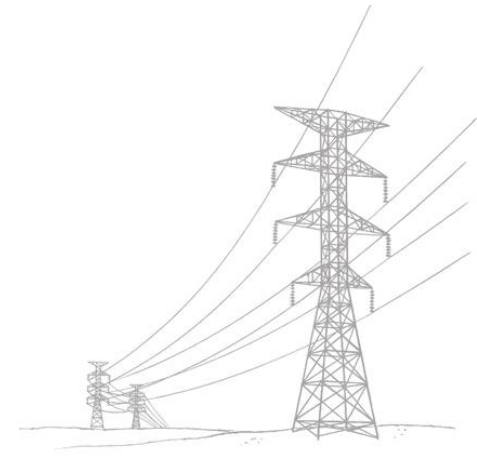
École Pratique  
des Hautes Études



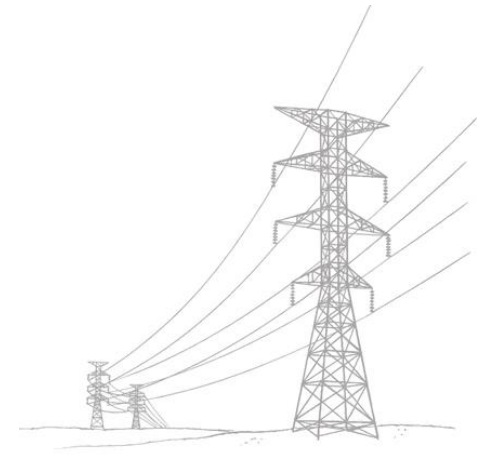
- **Consensus international autour des impacts** des infrastructures aériennes sur l'avifaune (*Barrios & Rodriguez 2004, Bastos et al. 2016, D'Amico et al. 2019, Refoyo Roman et al. 2020*).



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



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



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

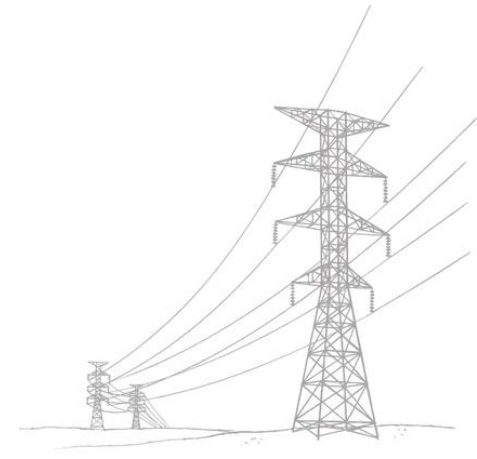
→ **Répercussions démographiques potentiellement fortes** (*Dohm et al. 2019, Sæther & Bakke 2000, Sæther et al. 2016*).



- Impacts liés aux choix d'implantations :

Impacts indirects

- Des **pertes d'habitats** (*Carrete et al. 2009, Refoyo Roman et al. 2020, Watson et al. 2018*) :
  - réduction des zones de chasse,
  - perte de sites de nidification et/ou de reposoirs,
  - modification des couloirs de circulation, etc.



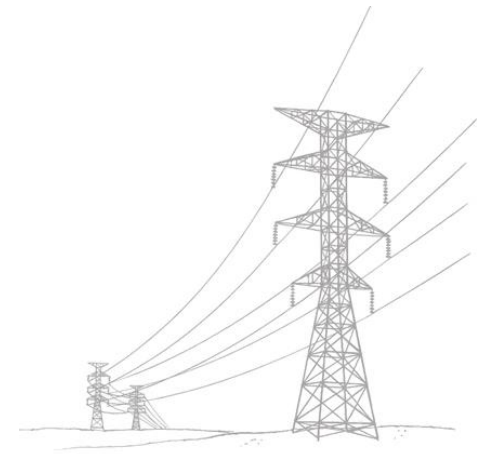
- Impacts liés aux choix d'implantations :

Impacts indirects

- Des **pertes d'habitats** (*Carrete et al. 2009, Refoyo Roman et al. 2020, Watson et al. 2018*) :
  - réduction des zones de chasse,
  - perte de sites de nidification et/ou de reposoirs,
  - modification des couloirs de circulation, etc.

Impacts directs

- **Mortalités par collision / percussion** et/ou électrocution avec les infrastructures (*Barrios & Rodriguez 2004, Bech et al. 2012, Thaxter et al. 2017*).





- Impacts liés aux choix d'implantations :

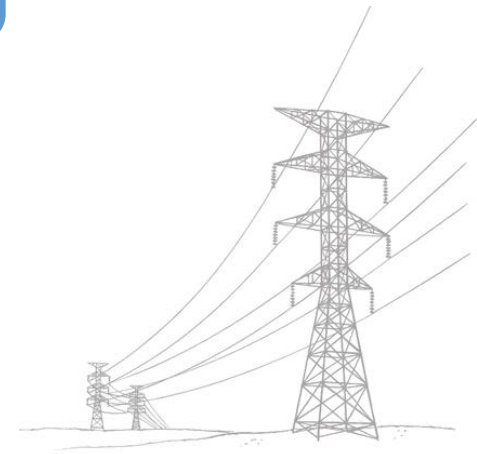
Impacts indirects

- Des **pertes d'habitats** (*Carrete et al. 2009, Refoyo Roman et al. 2020, Watson et al. 2018*) :
  - réduction des zones de chasse,
  - perte de sites de nidification et/ou de reposoirs,
  - modification des couloirs de circulations, etc.

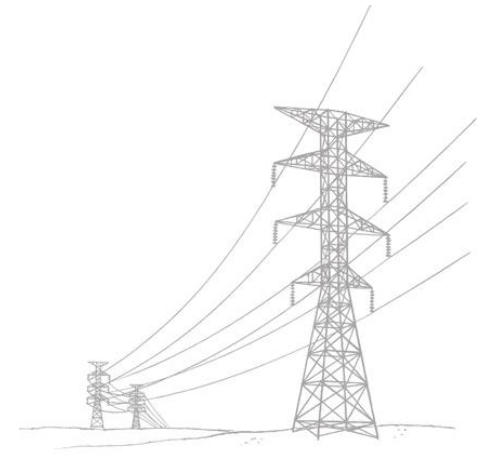
Impacts directs

- **Mortalités par collision / percussion** et/ou électrocution avec les infrastructures (*Barrios & Rodriguez 2004, Bech et al. 2012, Thaxter et al. 2017*).

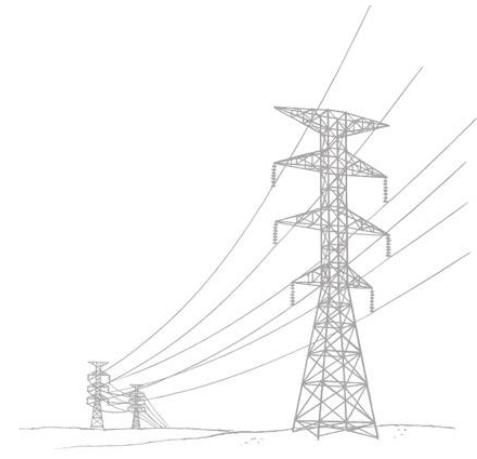
→ Mortalités qui pourraient être évitées si on connaissait mieux les paramètres qui peuvent influencer l'utilisation de l'espace par les grands planeurs.



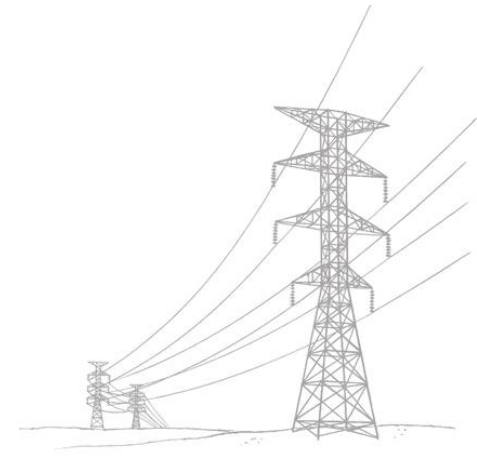
- **Peu d'études** sur la mise en évidence des **zones à éviter** vis-à-vis de ces grands rapaces.



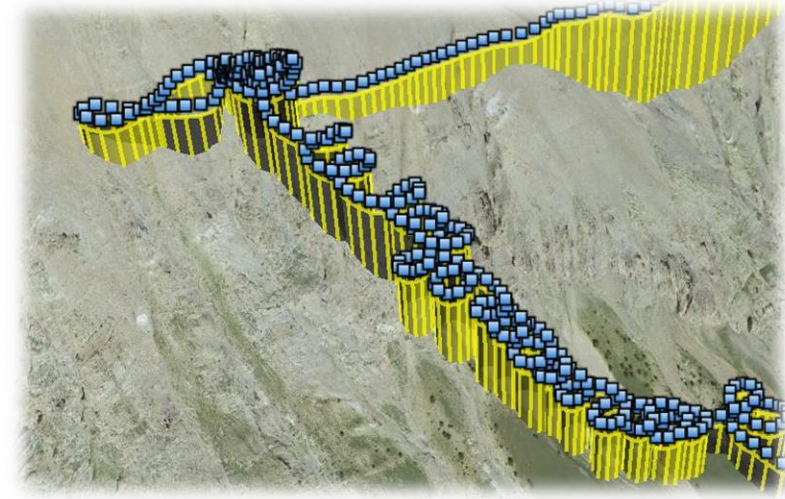
- **Peu d'études** sur la mise en évidence des **zones à éviter** vis-à-vis de ces grands rapaces.
- **Grands domaines vitaux** → souvent difficile sur le terrain d'identifier les zones à risque.



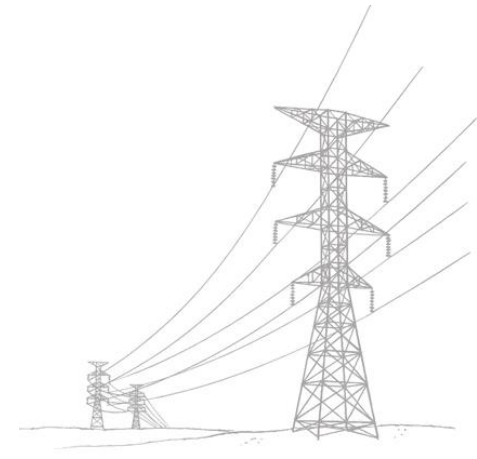
- **Peu d'études** sur la mise en évidence des **zones à éviter** vis-à-vis de ces grands rapaces.
- **Grands domaines vitaux** → souvent difficile sur le terrain d'identifier les zones à risque.
- **Thématique de recherche récente** (~ 5 ans, à l'échelle internationale : Europe, Amérique du Nord, Afrique du Sud).



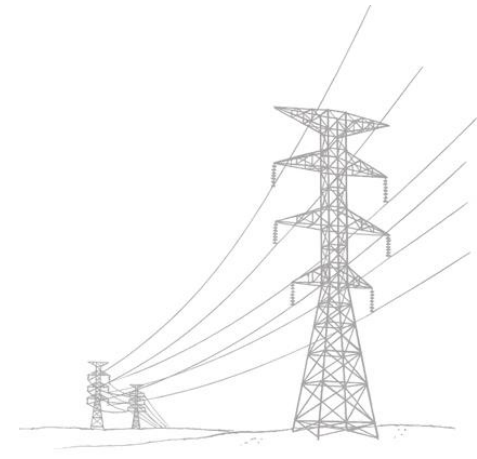
- Etudes **possibles grâce aux émetteurs GPS** permettant :
  - De mesurer les **coordonnées X-Y** mais aussi **l'altitude**,
  - Avec de **bonnes précisions géographiques** et résolutions temporelles.



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

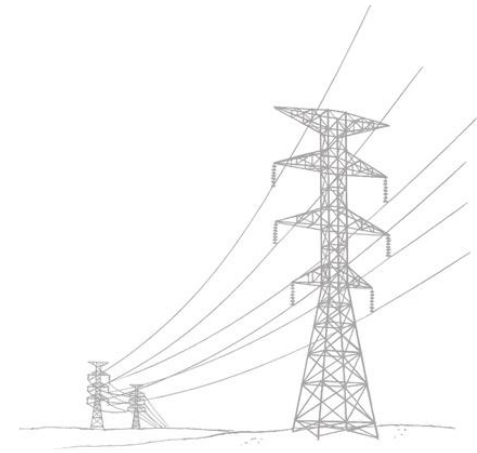


- Développer un modèle de **prédiction des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :
  - A l'échelle française,
  - Pour les grands rapaces,
  - En se concentrant sur les **collisions** et donc les **déplacements des oiseaux**,
  - En prenant en compte la **hauteur de vol**.



- Développer un modèle de **prédiction des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :
  - A l'échelle française,
  - Pour les grands rapaces,
  - En se concentrant sur les **collisions** et donc les **déplacements des oiseaux**,
  - En prenant en compte la **hauteur de vol**.

« Hauteur à risque » = gamme d'altitudes à laquelle les oiseaux sont en conflit d'utilisation de l'espace aérien avec les infrastructures.

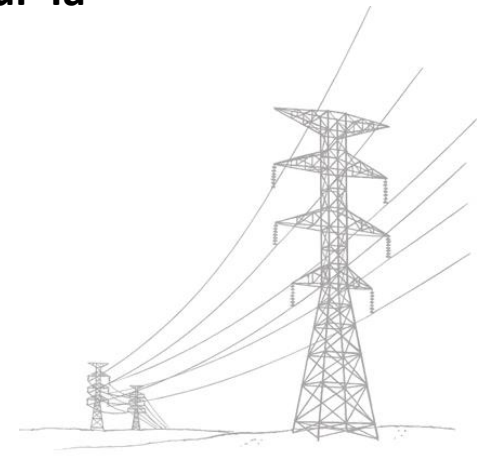




- Développer un modèle de **prédiction des zones à risque de collision** avec les infrastructures aériennes :
  - A l'échelle française,
  - Pour les grands rapaces,
  - En se concentrant sur les **collisions** et donc les **déplacements des oiseaux**,
  - En prenant en compte la **hauteur de vol**.

« Hauteur à risque » = gamme d'altitudes à laquelle les oiseaux sont en conflit d'utilisation de l'espace aérien avec les infrastructures.

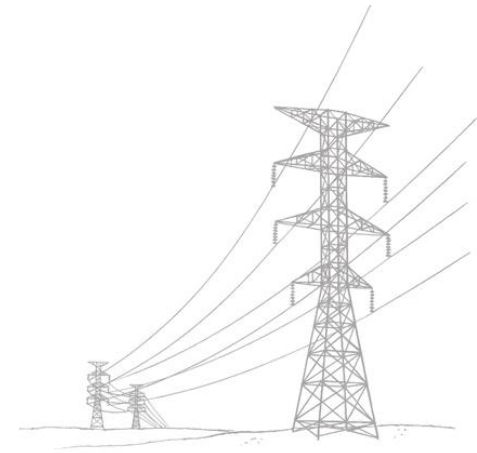
- **Modéliser la probabilité de voler dans une zone, en fonction des habitats qui la composent et en 3D.**



- Résultats sous forme d'une **carte en libre consultation**.
- Carte qui permettra de **distinguer les zones à forts enjeux**, des zones où les impacts seraient limités.

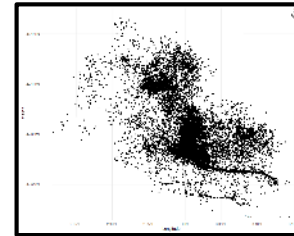
→ Outil opérationnel à destination des aménageurs et des décisionnaires.

→ Cadre méthodologique objectif et standardisé.

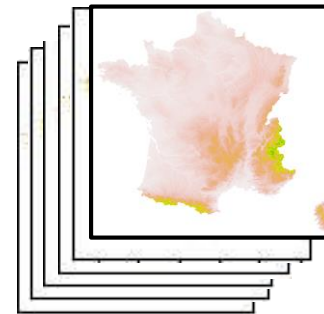


- Méthode de sélection d'habitats basée sur :
  - Des données de localisations GPS.
  - Des variables décrivant l'habitat.
  - Des modèles statistiques spécifiques.

*Localisations individus*



*Variables habitats*



	V1	V2	V3	V4
P1	...	...	...	...
P2	...	...	...	...
P3	...	...	...	...

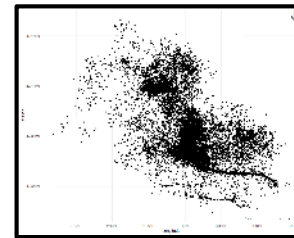
**Modèle statistique**



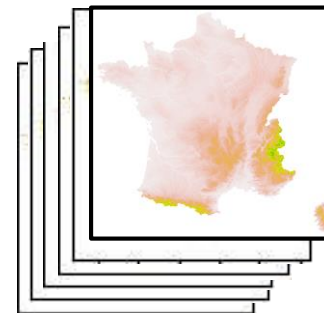
- Méthode de sélection d'habitats basée sur :
  - Des données de localisations GPS.
  - Des variables décrivant l'habitat.
  - Des modèles statistiques spécifiques.

- A partir du modèle retenu, on peut **prédire spatialement les zones les plus utilisées**, même celles sans données de localisations.

Localisations individus

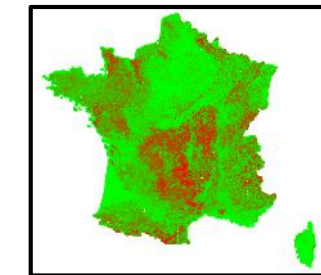


Variables habitats



	V1	V2	V3	V4
P1	...	...	...	...
P2	...	...	...	...
P3	...	...	...	...

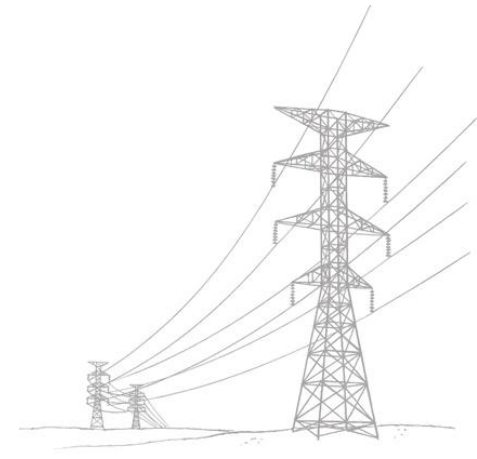
Modèle statistique



Carte de distribution de l'espèce

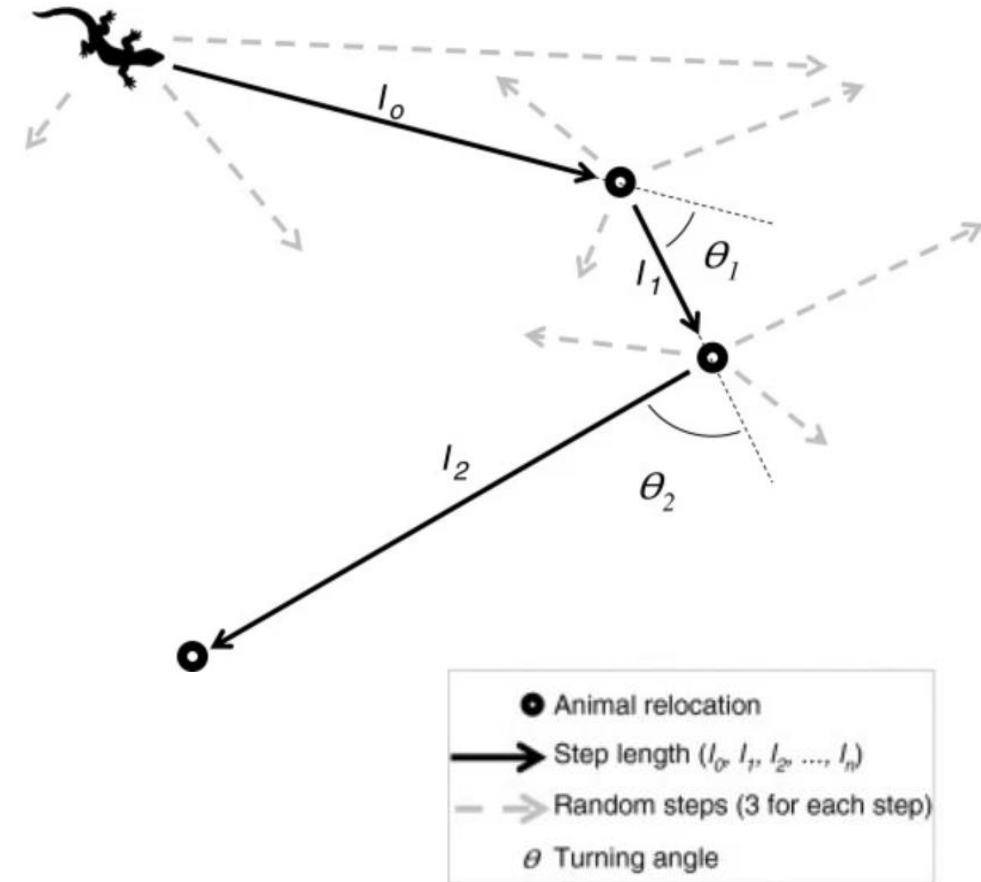


- Méthode de modélisation utilisée : les « **step-selection functions** » (SSF).
- Modèles de sélection d'habitats **développés pour les données de déplacements animaux.**



- Méthode de modélisation utilisée : les « **step-selection functions** » (SSF).
- Modèles de sélection d'habitats **développés pour les données de déplacements animaux**.
- Pour chaque point GPS d'un trajet, **compare** :
  - L'habitat au point d'arrivée
  - Du **chemin réellement réalisé**
  - A **une combinaison de chemins possibles** (« random steps »).

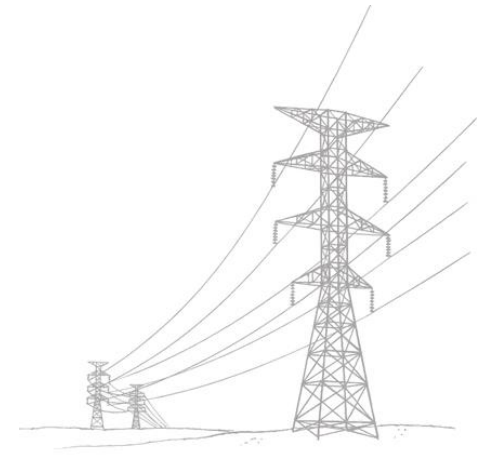
→ **Sélection d'habitats en déplacement.**



Thurfjell et al. 2014

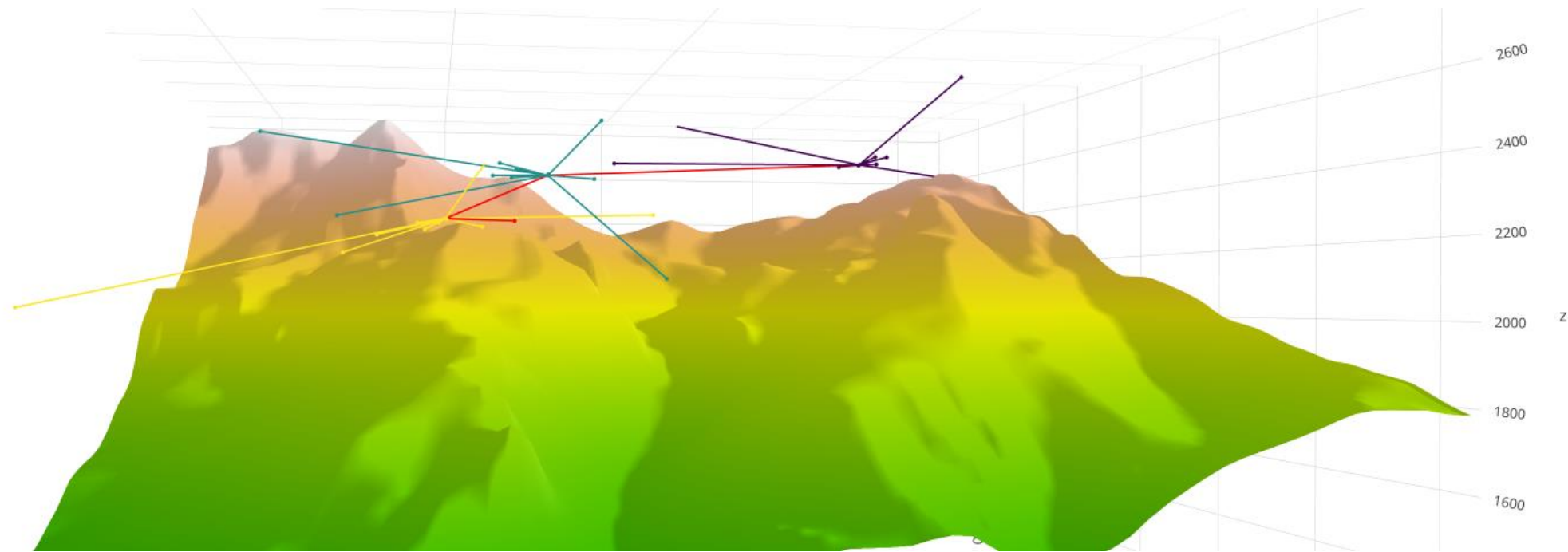


- Méthode développée pour des **animaux qui se déplacent sur un plan 2D**, mais utilisée dans les études sur les oiseaux, même récentes.
- **Présente des limites pour une espèce qui se déplace en 3D** comme les rapaces : mauvaise estimation de la sélection d'habitats.



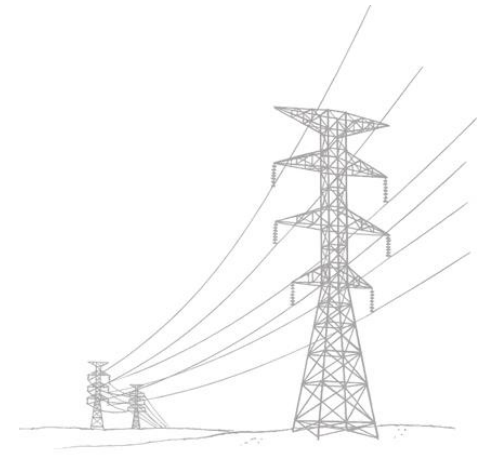
- Méthode développée pour des **animaux qui se déplacent sur un plan 2D**, mais utilisée dans les études sur les oiseaux, même récentes.
- **Présente des limites pour une espèce qui se déplace en 3D** comme les rapaces : mauvaise estimation de la sélection d'habitats.

→ Développement méthodologique pour ajouter de la 3D.

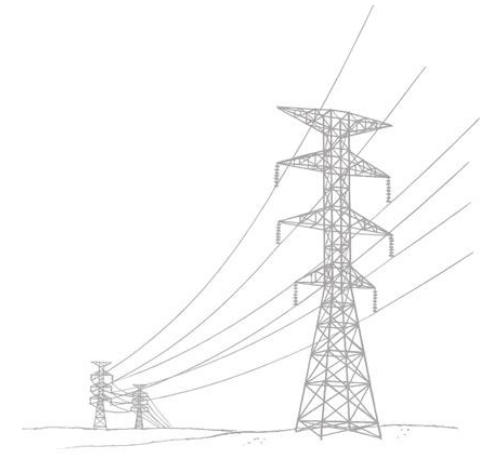
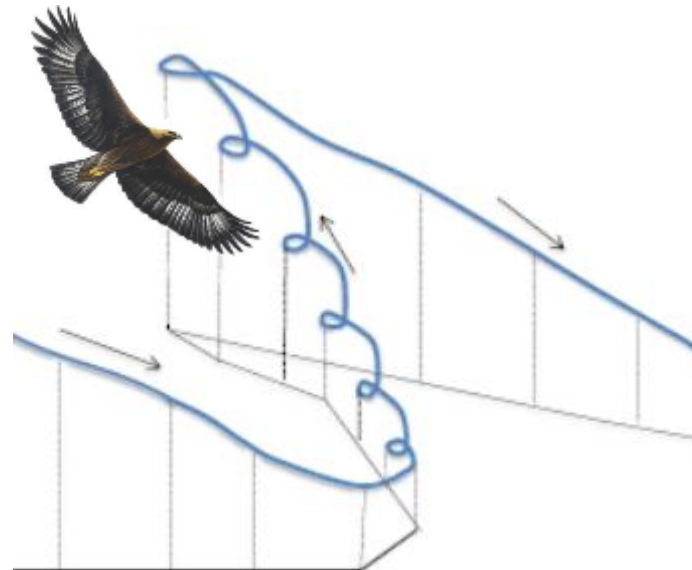




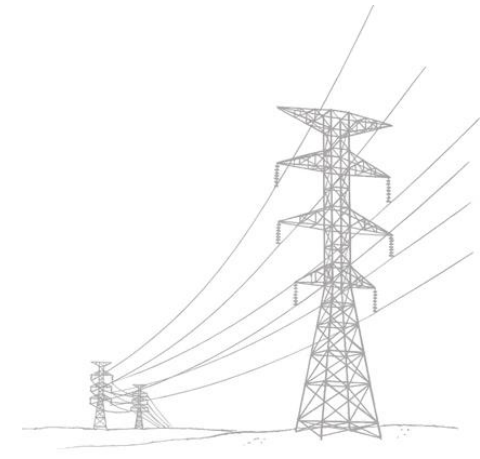
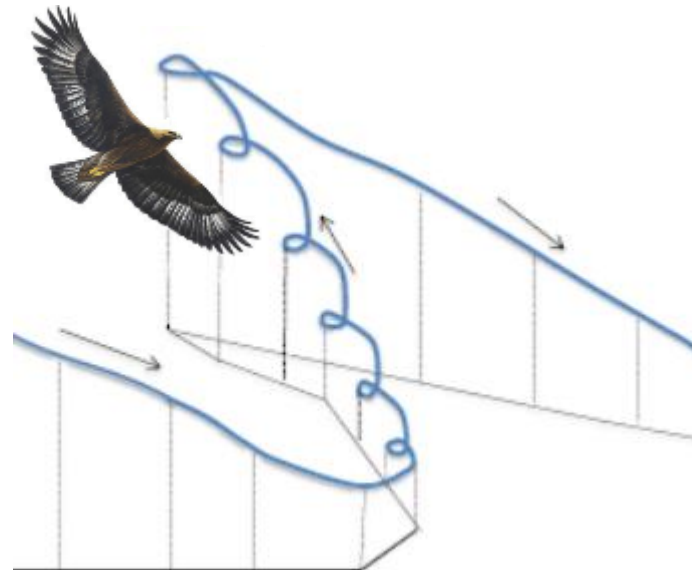
- Déplacements des grands planeurs :



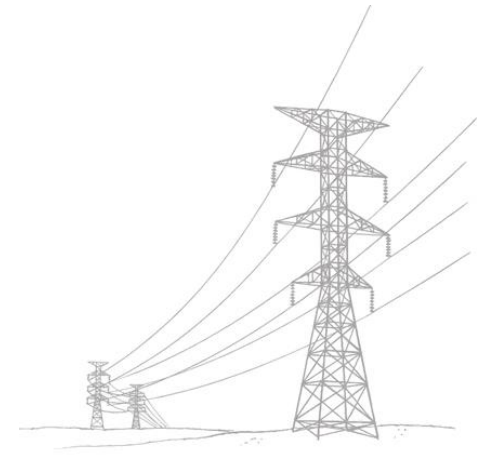
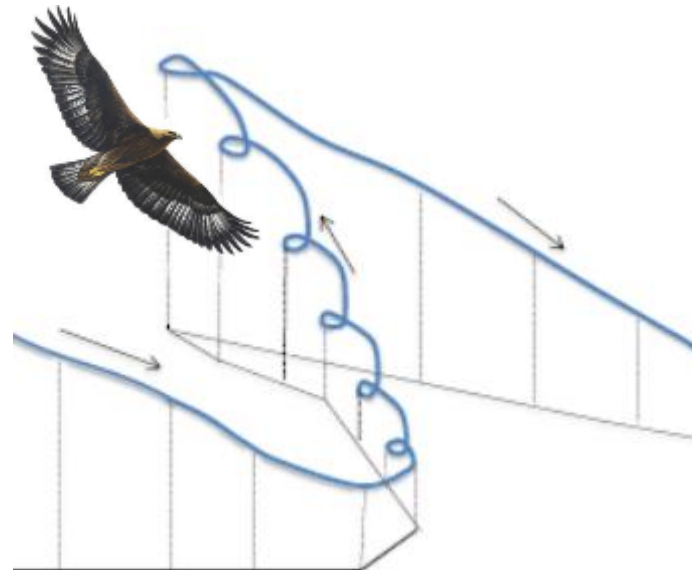
- Déplacements des grands planeurs :
  - **Vol plané = gains énergétiques** pour la prise d'altitude et le déplacement en général comparé au vol battu (*Hanssen et al. 2020, Hedenström & Åkesson 2016, Scacco et al. 2016, Shamoun-Baranes et al. 2016, Taylor et al. 2016*).



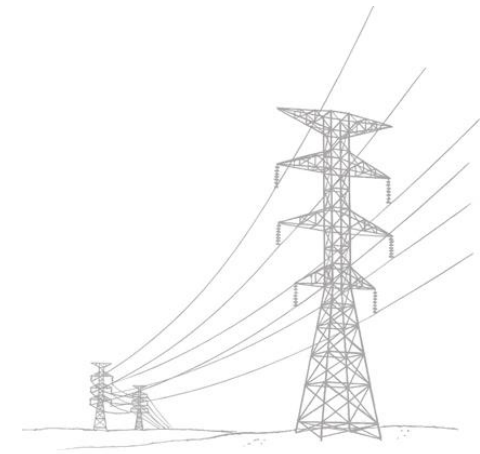
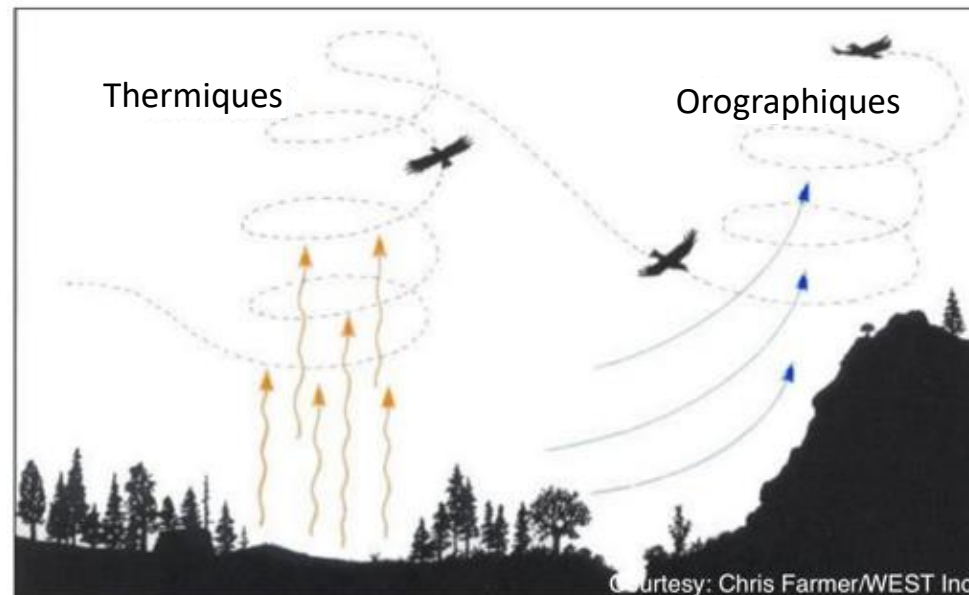
- Déplacements des grands planeurs :
  - **Vol plané = gains énergétiques** pour la prise d'altitude et le déplacement en général comparé au vol battu (*Hanssen et al. 2020, Hedenström & Åkesson 2016, Scacco et al. 2016, Shamoun-Baranes et al. 2016, Taylor et al. 2016*).
  - Permet de **parcourir de longues distances à moindre coût** (*Sparr et al. 2000, Shamoun-Baranes et al. 2003*).



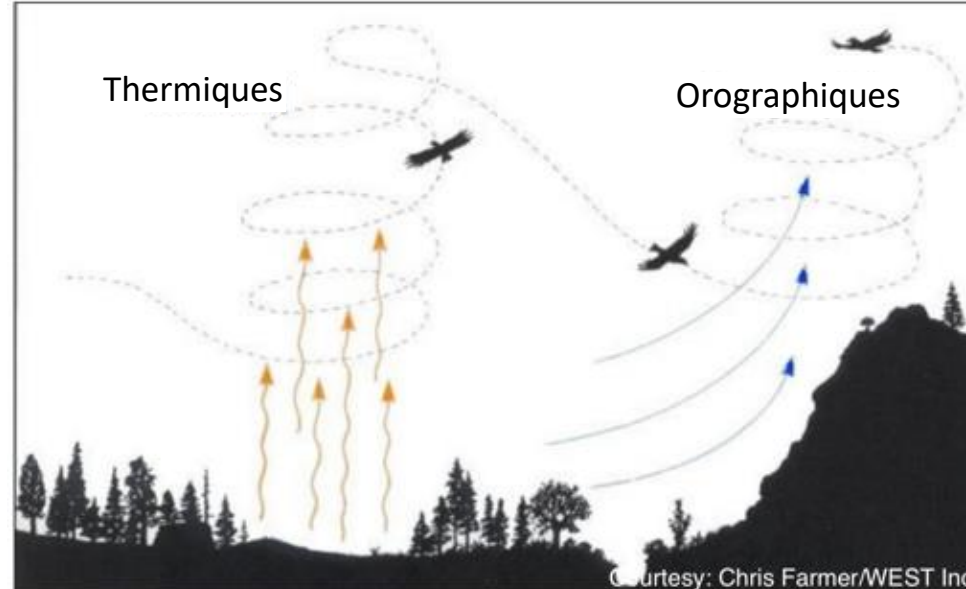
- Déplacements des grands planeurs :
  - **Vol plané = gains énergétiques** pour la prise d'altitude et le déplacement en général comparé au vol battu (*Hanssen et al. 2020, Hedenström & Åkesson 2016, Scacco et al. 2016, Shamoun-Baranes et al. 2016, Taylor et al. 2016*).
  - Permet de **parcourir de longues distances à moindre coût** (*Sparr et al. 2000, Shamoun-Baranes et al. 2003*).
  - Importance des courants aériens de types **thermiques et orographiques pour la prise d'altitude**.



- Déclenchement des **orographiques** quand le vent rencontre le relief (lignes de crêtes, etc.).

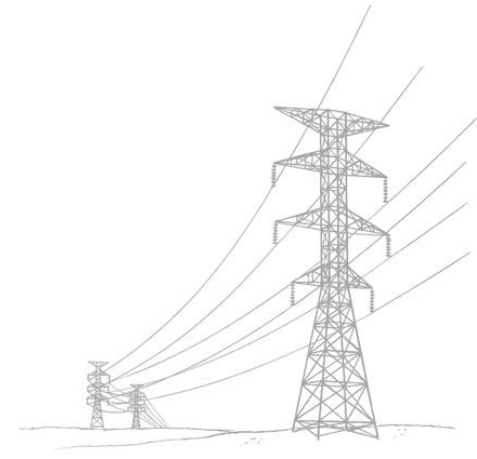


- Déclenchement des **orographiques** quand le vent rencontre le relief (lignes de crêtes, etc.).
- Déclenchement des **thermiques** lors d'une différence d'échauffement de l'air entre deux surfaces différentes (résultent donc d'une interaction entre ensoleillement et occupation du sol).



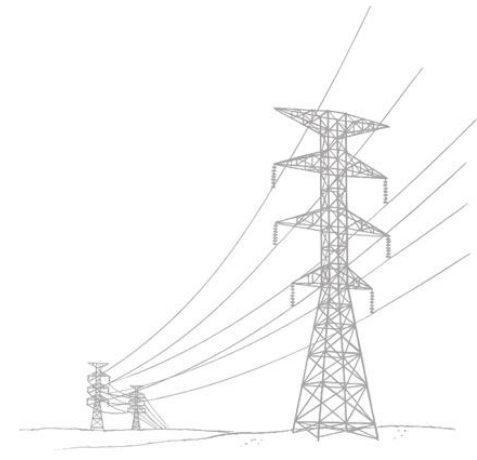
- **Intégration des variables « orographiques » et « thermiques » dans le modèle de prédiction de zones à risque de collision pour les grands rapaces.**
- Meilleure prise en compte des facteurs pouvant influencer le déplacement des grands rapaces.

→ **Variables peu présentes dans les études scientifiques.**



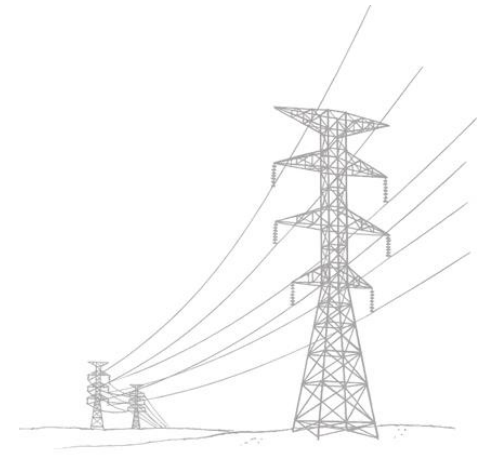
- Données inexistantes en France.
- Pour les courants orographiques : **variable qui peut être reconstituée** en combinant d'autres variables, caractérisant **les vents et le relief** (Bohrer et al. 2012, Brandes & Ombalski 2004, Hanssen et al. 2020, Sandhu et al. 2022).
- Données brutes disponibles auprès de Météo-France et l'IGN.

Objet du stage de Jacinthe Paradis,  
de septembre 2023 à février 2024

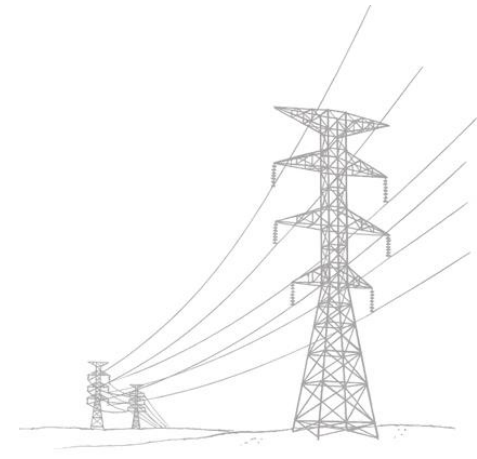




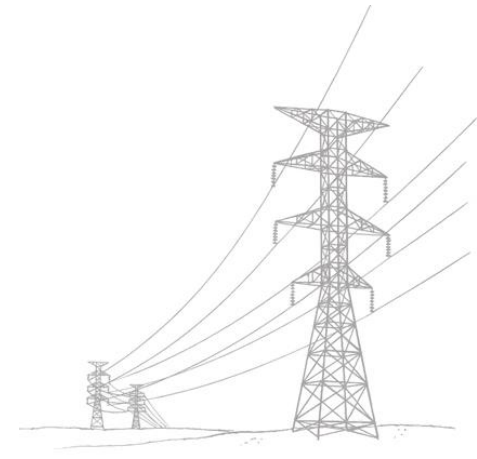
- La **force d'une ascendance** est mesurée par sa **vitesse verticale** (en m/s), qui traduit le **gain d'altitude par unité de temps**.



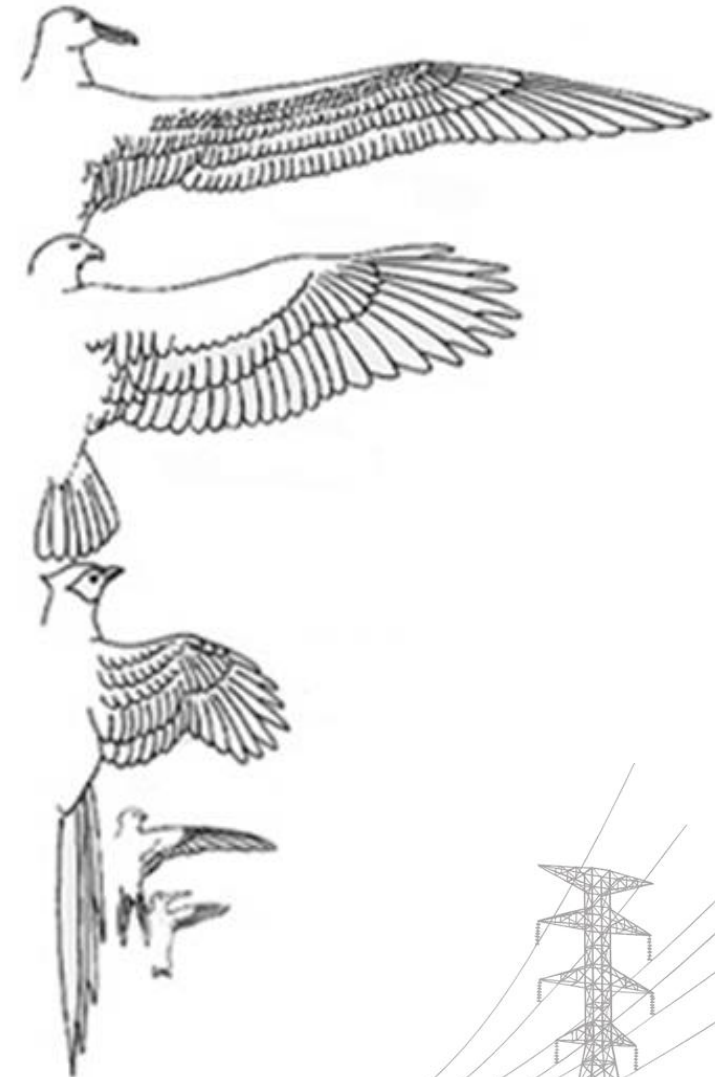
- La **force d'une ascendance** est mesurée par sa **vitesse verticale** (en m/s), qui traduit le **gain d'altitude par unité de temps**.
- Le **taux de chute** d'un planeur correspond à la **valeur minimale** de la **vitesse verticale** nécessaire pour le maintenir à **altitude stable**.
  - Vitesse verticale de l'ascendance  $>$  taux de chute : ascension du planeur.
  - Vitesse verticale de l'ascendance  $<$  taux de chute : chute du planeur.



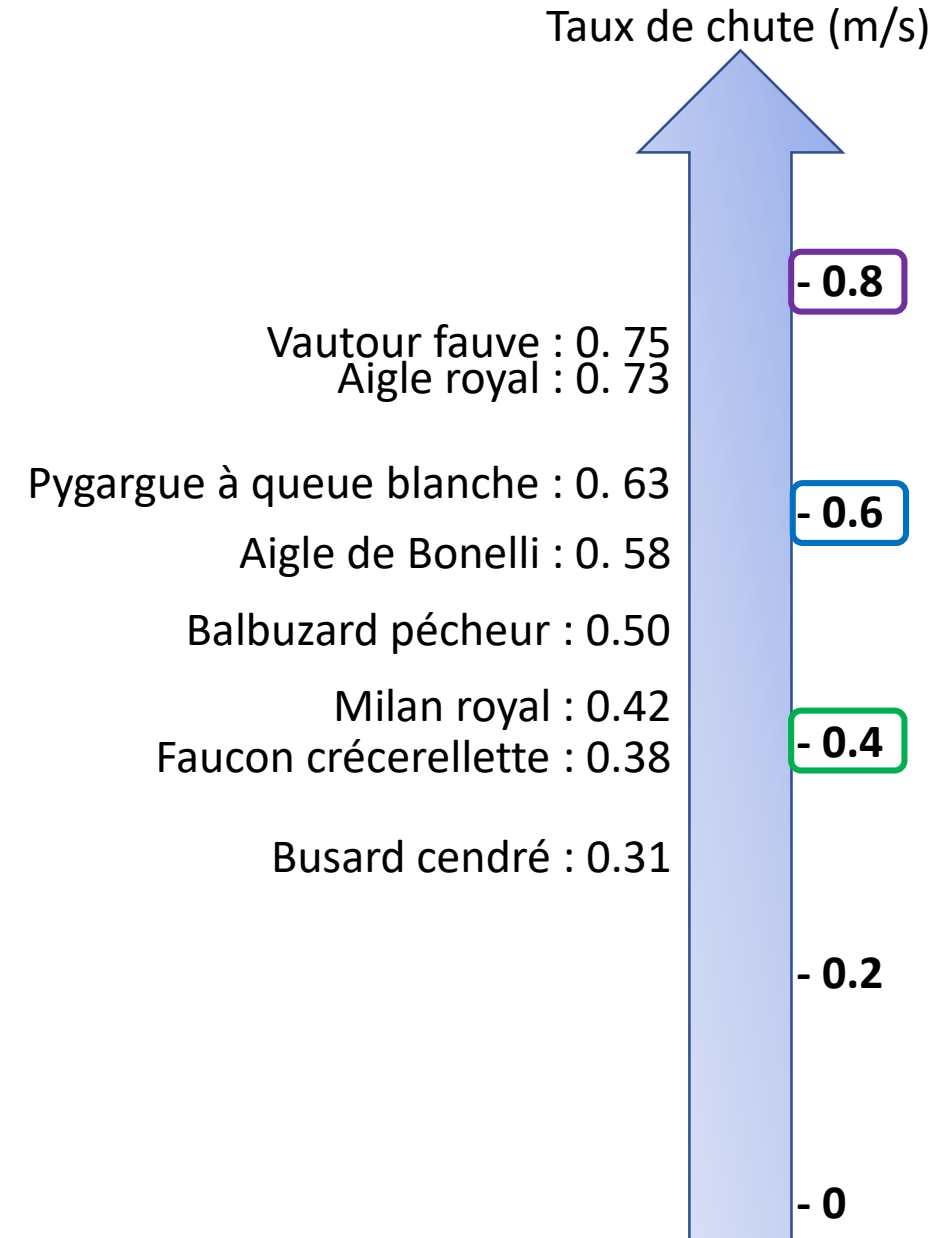
- La **force d'une ascendance** est mesurée par sa **vitesse verticale** (en m/s), qui traduit le **gain d'altitude par unité de temps**.
- Le **taux de chute** d'un planeur correspond à la **valeur minimale** de la **vitesse verticale** nécessaire pour le maintenir à **altitude stable**.
  - Vitesse verticale de l'ascendance  $>$  taux de chute : ascension du planeur.
  - Vitesse verticale de l'ascendance  $<$  taux de chute : chute du planeur.
- **Reconstruction des courants orographiques** et lien avec les **taux de chute des rapaces**.



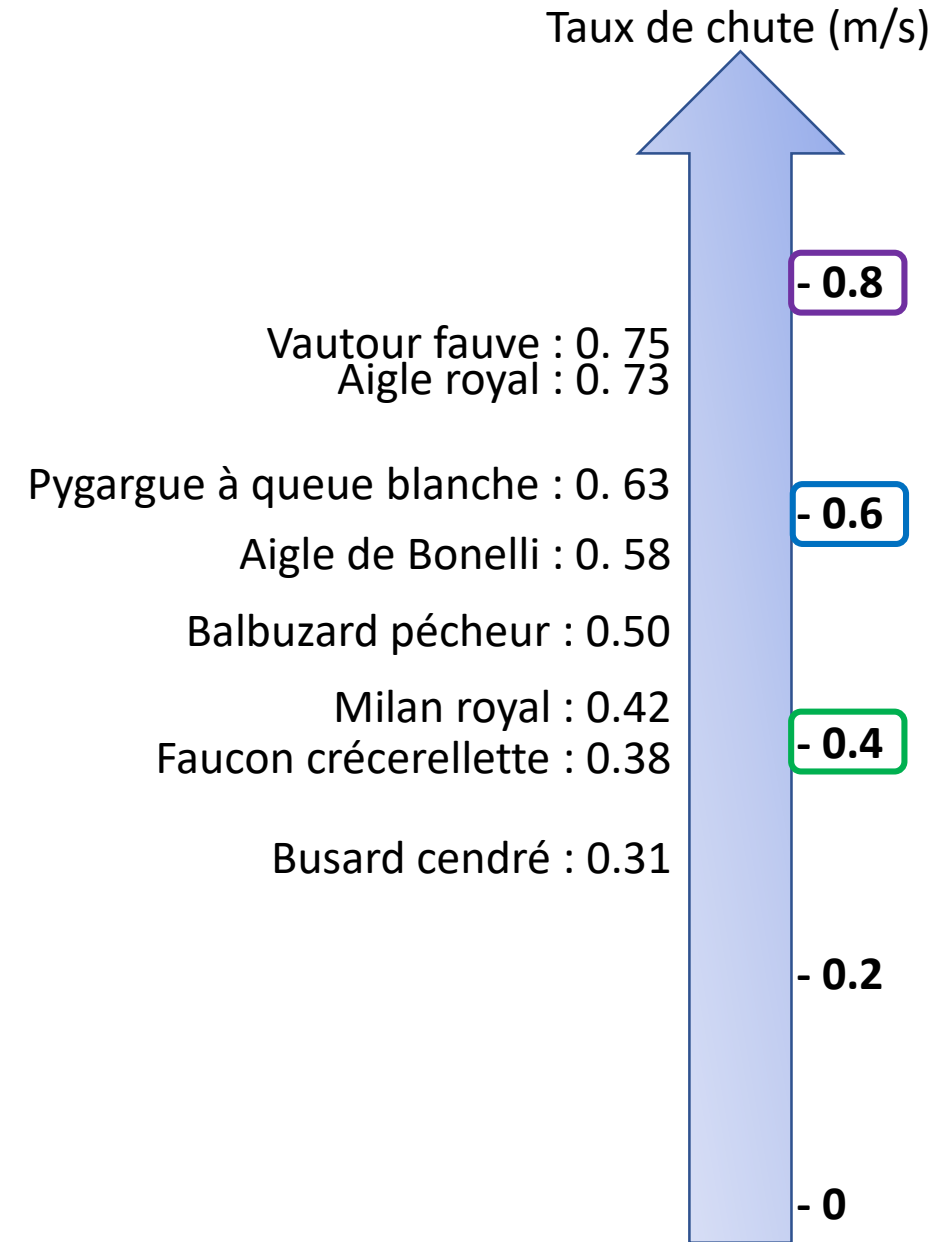
- Le taux de chute d'un oiseau varie selon l'espèce et dépend :
  - De son envergure,
  - De la morphologie de ses ailes,
  - De son poids, etc.



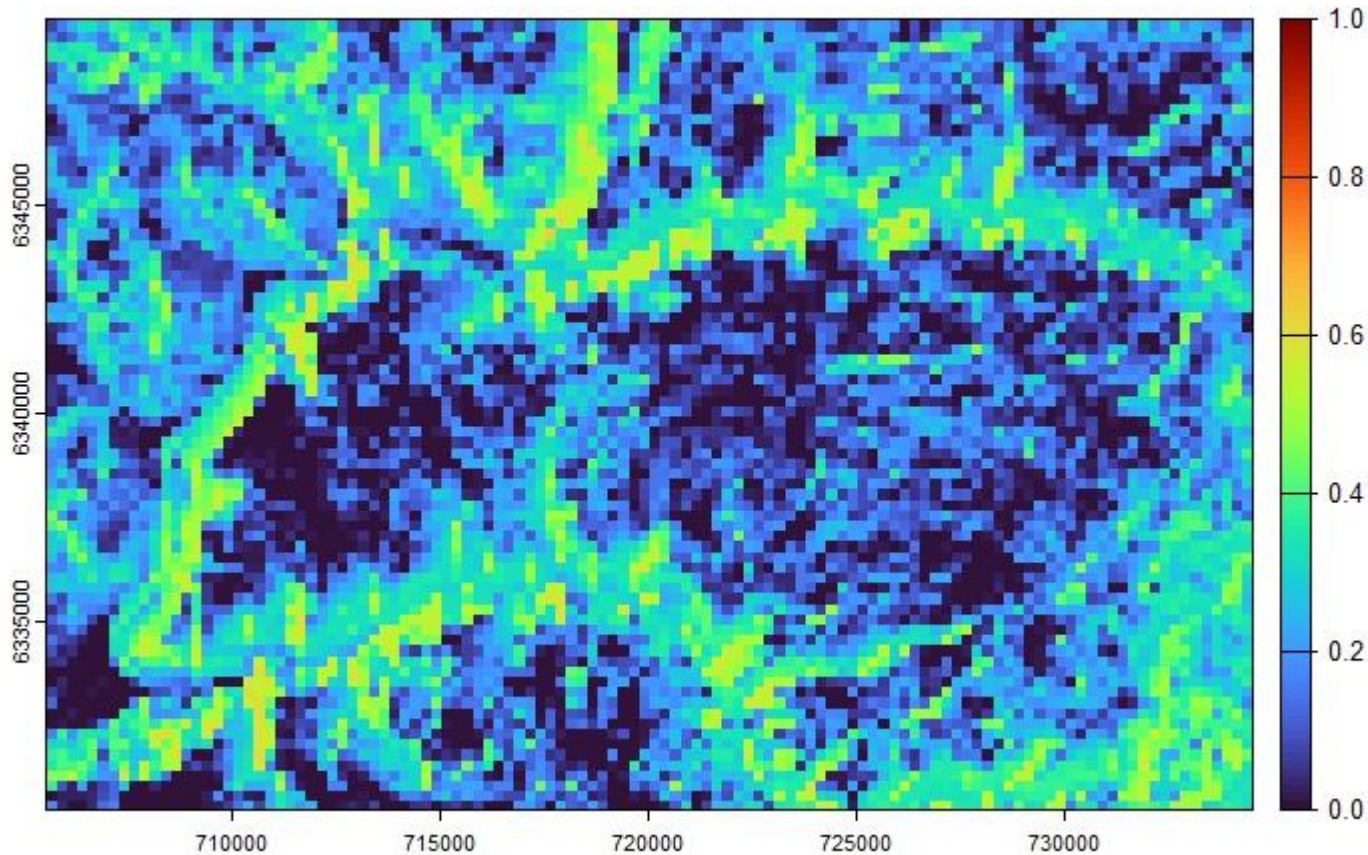
- Le taux de chute d'un oiseau varie selon l'espèce et dépend :
  - De son envergure,
  - De la morphologie de ses ailes,
  - De son poids, etc.
- Calcul pour plusieurs espèces : effet différent de la vitesse verticale d'une ascendance selon l'espèce.



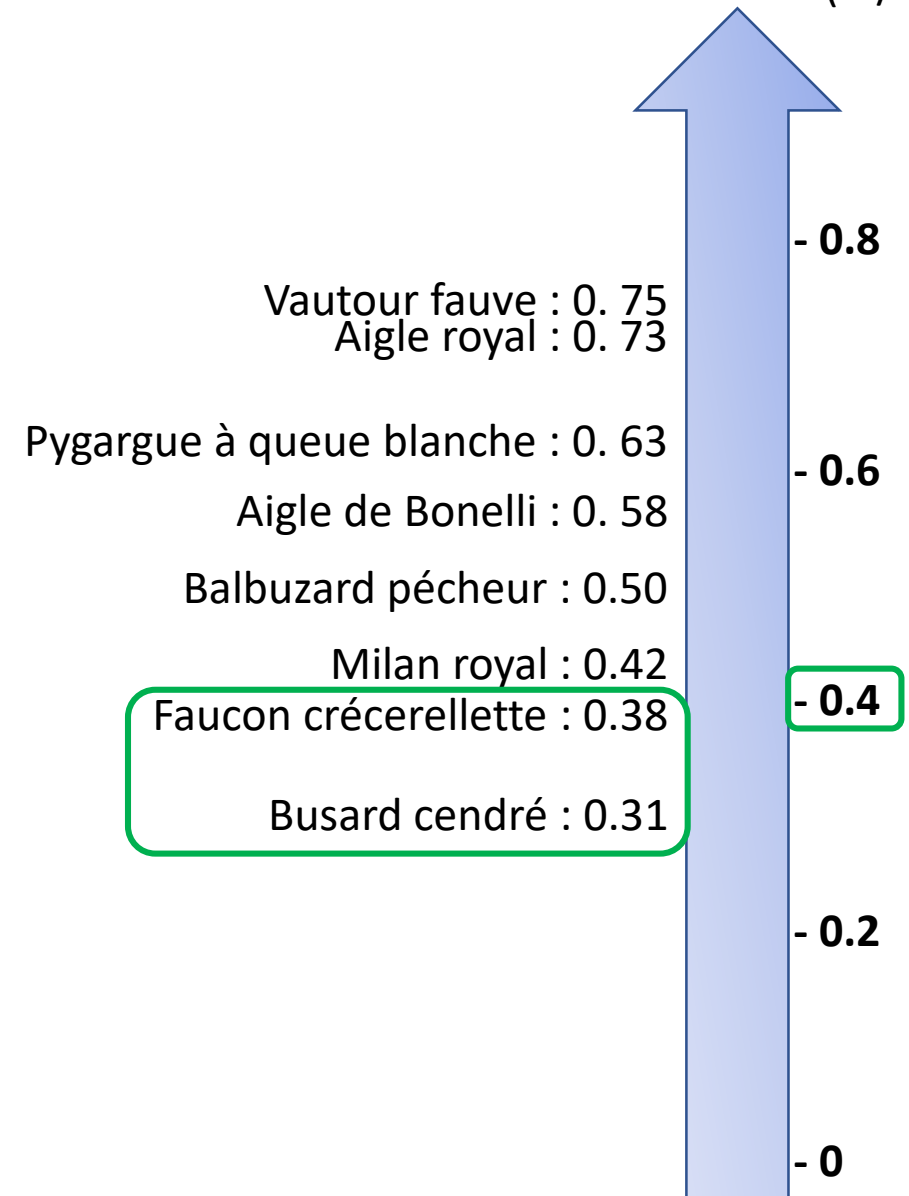
- Le taux de chute d'un oiseau varie selon l'espèce et dépend :
  - De son envergure,
  - De la morphologie de ses ailes,
  - De son poids, etc.
- Calcul pour plusieurs espèces : effet différent de la vitesse verticale d'une ascendance selon l'espèce.
- Calcul de la **fréquence de dépassement de différents seuils** pour visualiser les **secteurs propices à la prise d'ascendances orographiques**.
  - Pourcentage du temps où les courants orographiques sont porteurs pour différentes espèces.



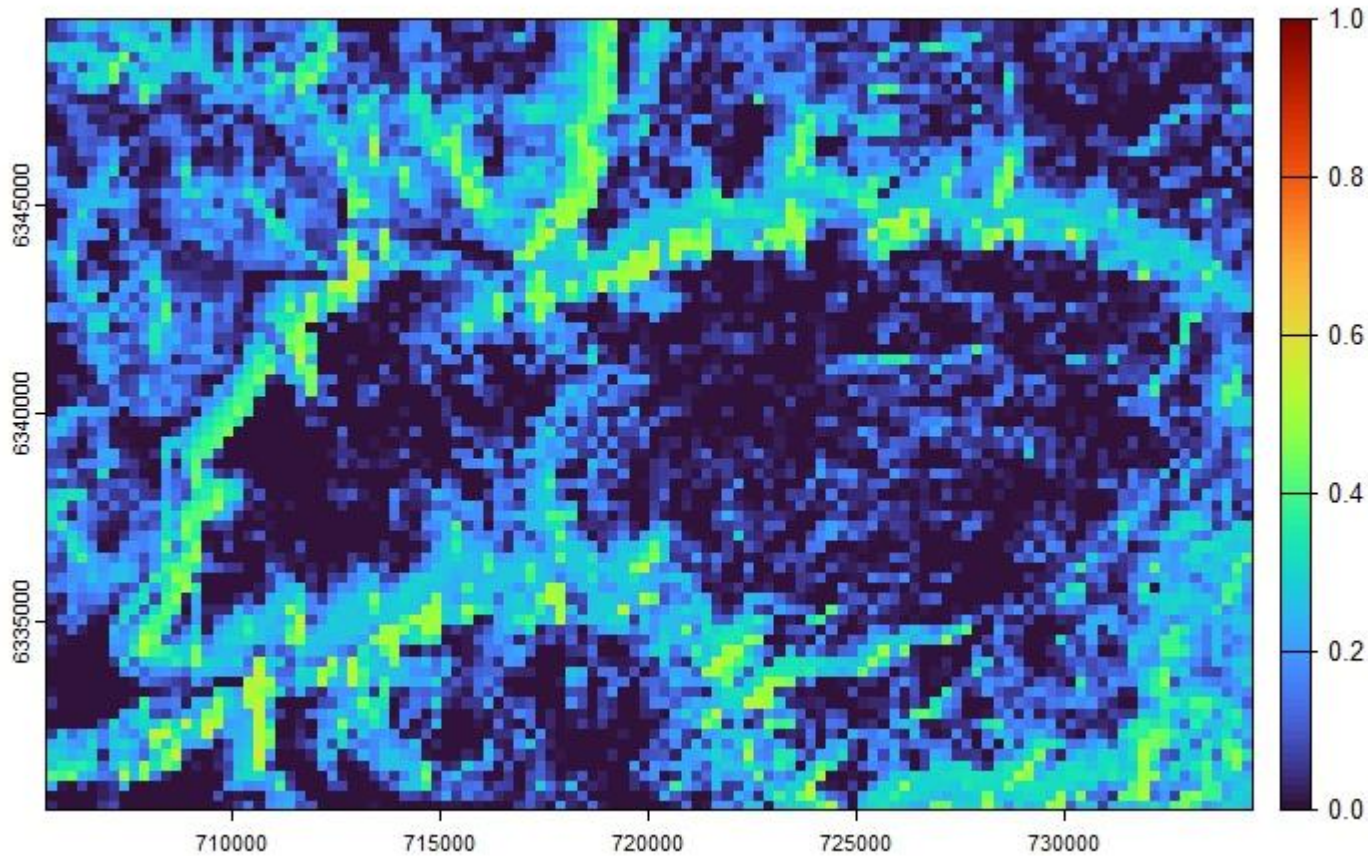
- Seuil à 0.4 m/s



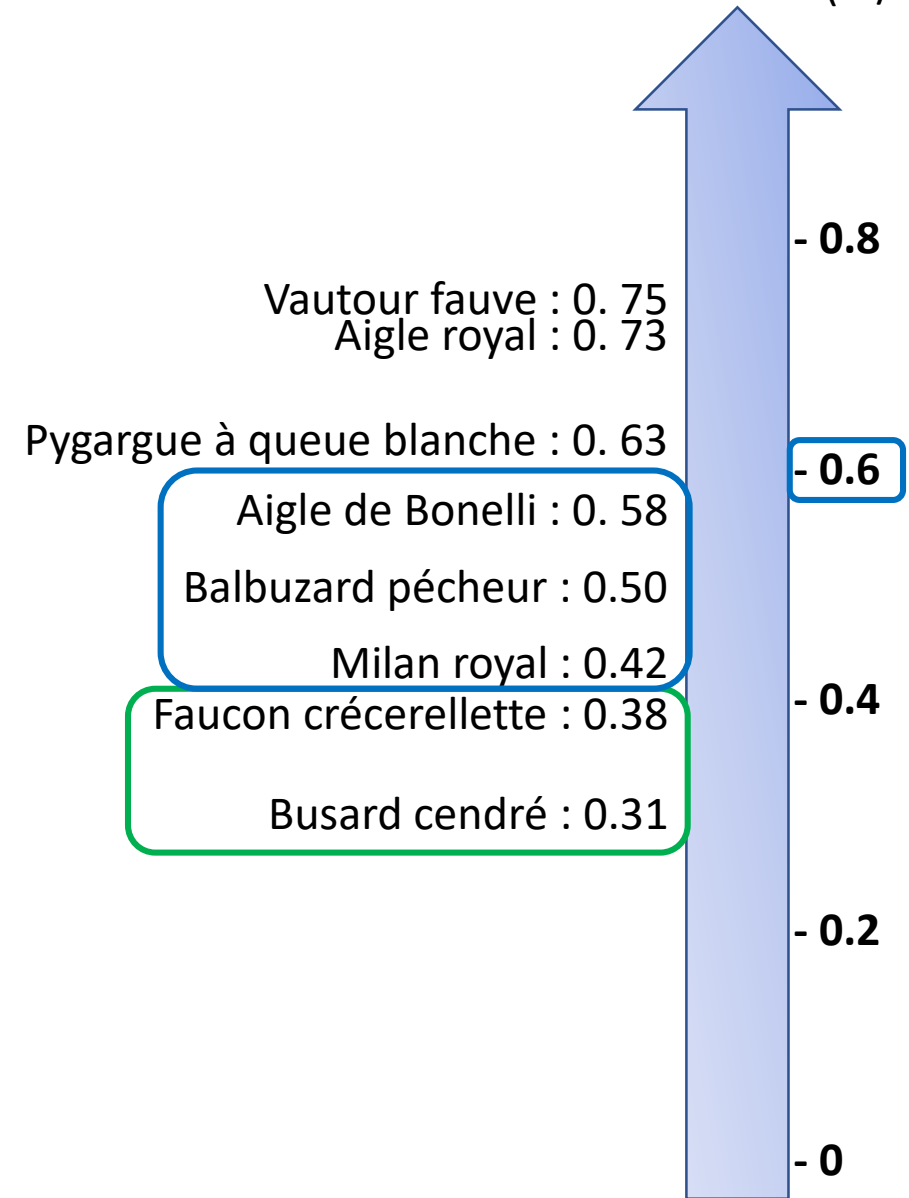
Taux de chute (m/s)



- Seuil à 0.6 m/s

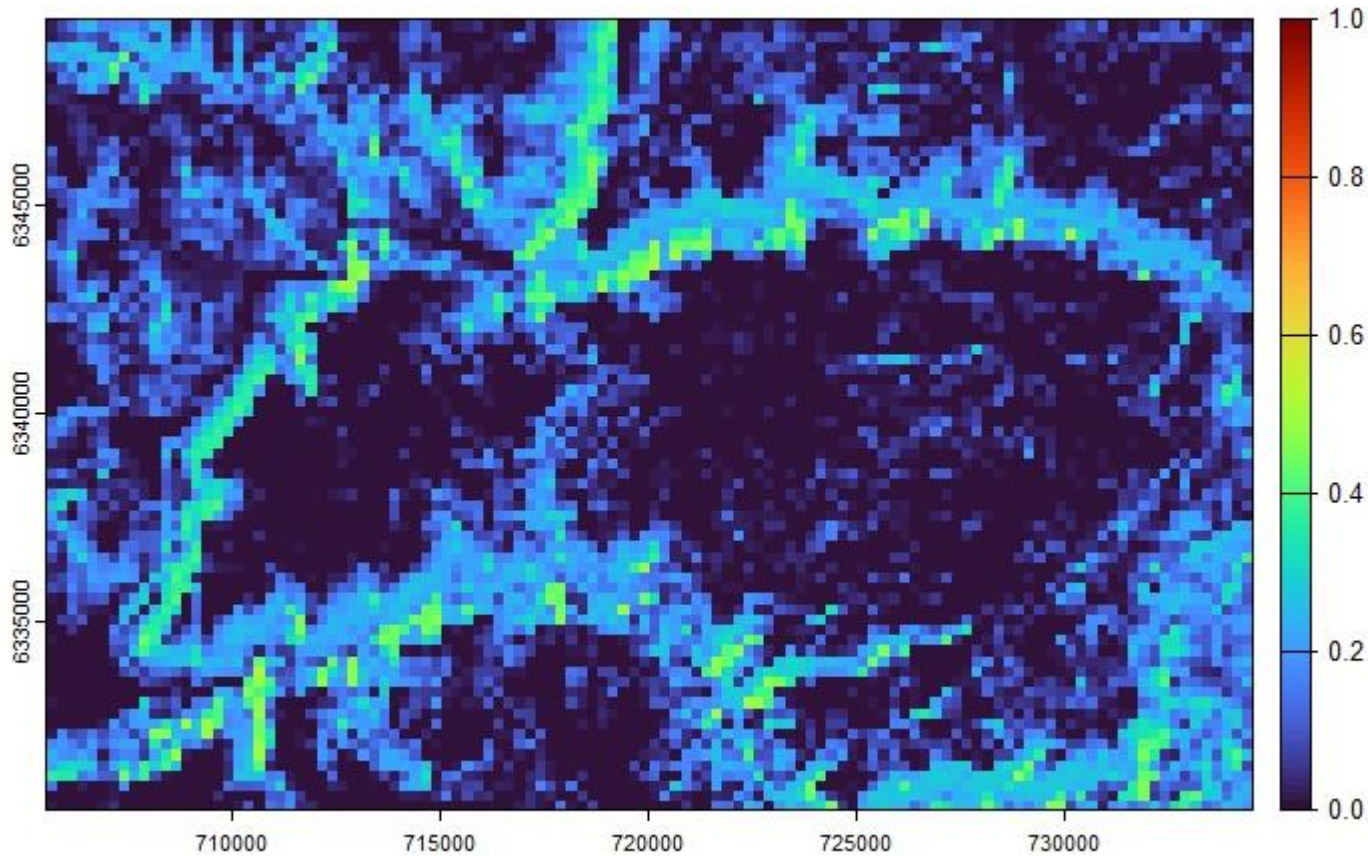


Taux de chute (m/s)

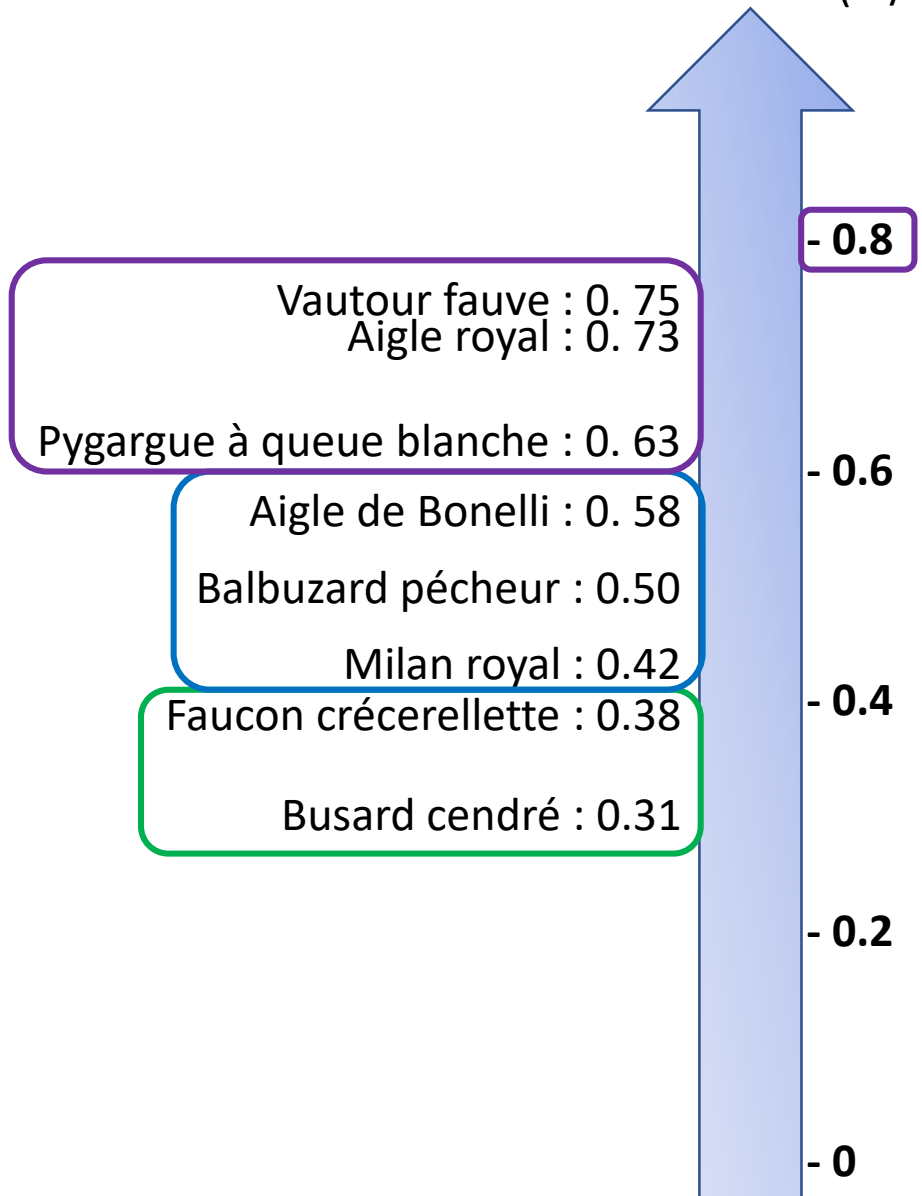




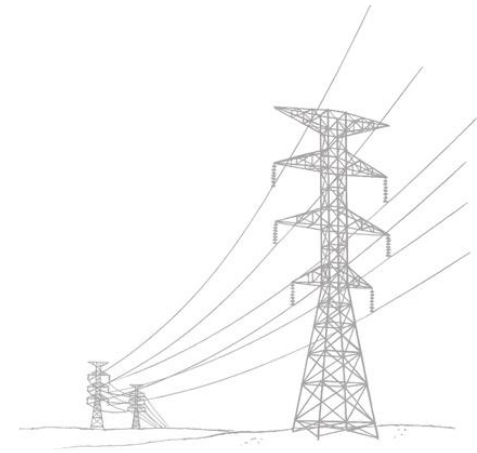
- Seuil à 0.8 m/s

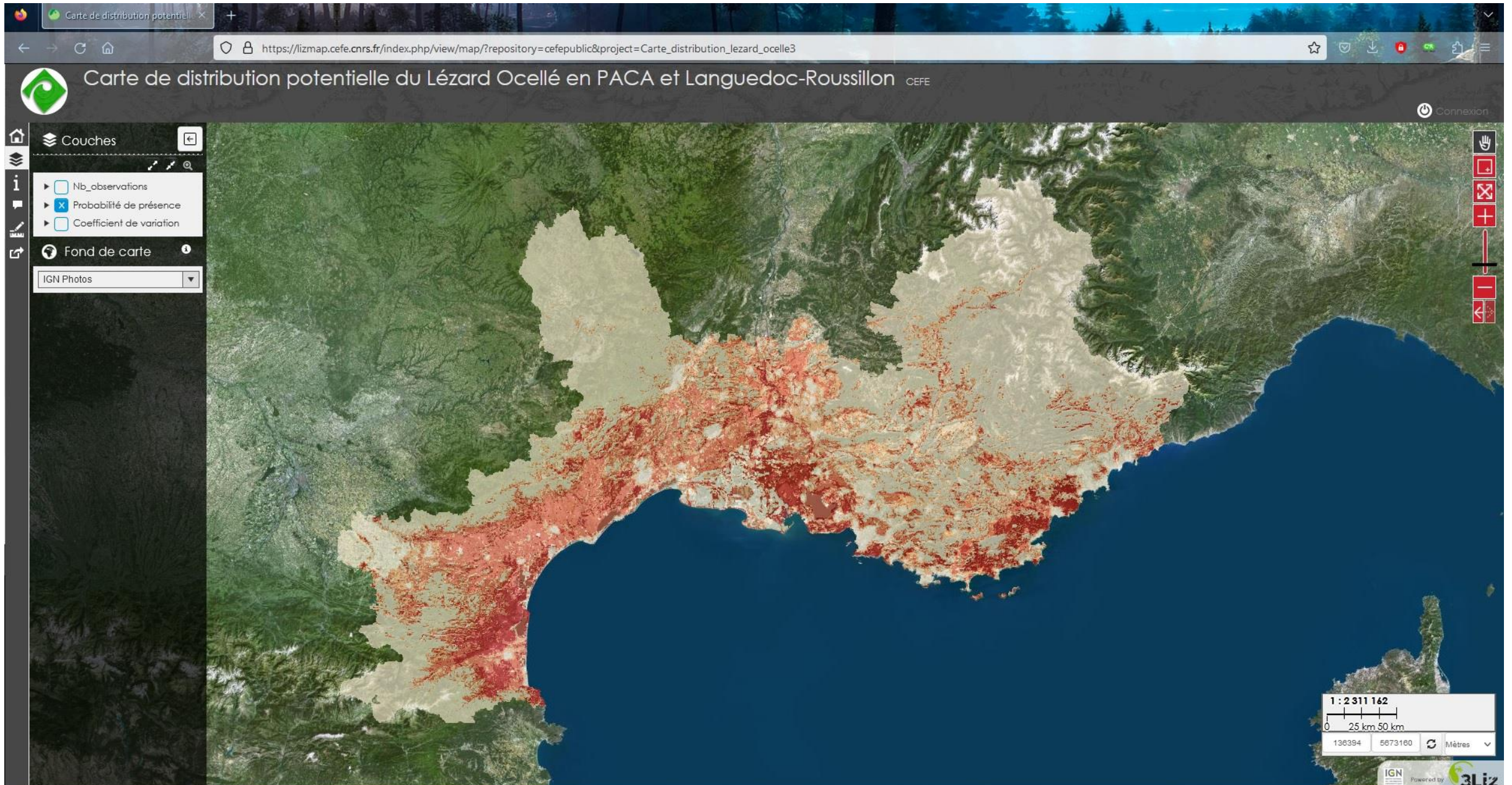


Taux de chute (m/s)

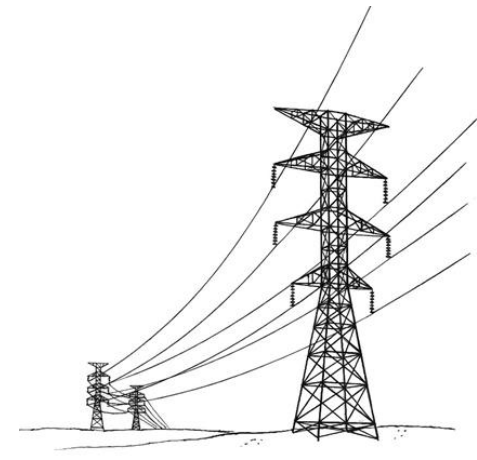


- Résultats des modèles sous **forme cartographique, disponibles sur un site internet.**
- **Visualisation des zones à enjeux** : où les rapaces volent bas et peuvent entrer en collision avec des infrastructures.
- Prédications des zones à enjeux + **incertitude associée** : arguments pour équiper de GPS ou non des oiseaux supplémentaires.





- Architecture du site internet en cours de réflexion.
- **Mise en ligne courant 2024.**
- Avec les résultats pour l'**aigle royal** et le **vautour fauve** + les **courants orographiques**.
- Accès libre à la consultation.



*Merci pour votre attention*



École Pratique  
des Hautes Études





- Vitesse verticale négative = courant descendant.
  - Ce type de courant se forme quand le vent rencontre certaines configurations du relief.
  - **Les planeurs vont éviter ces situations car risqué et consommateur d'énergie.**
- Dans ce secteur, **quand il y a du vent**, les conditions défavorables au vol plané semblent plus fréquentes que les conditions favorables.

