

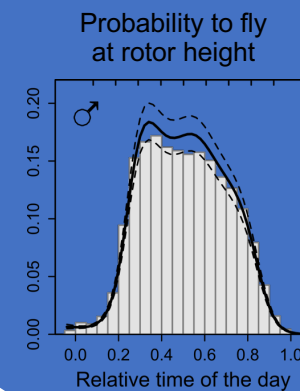
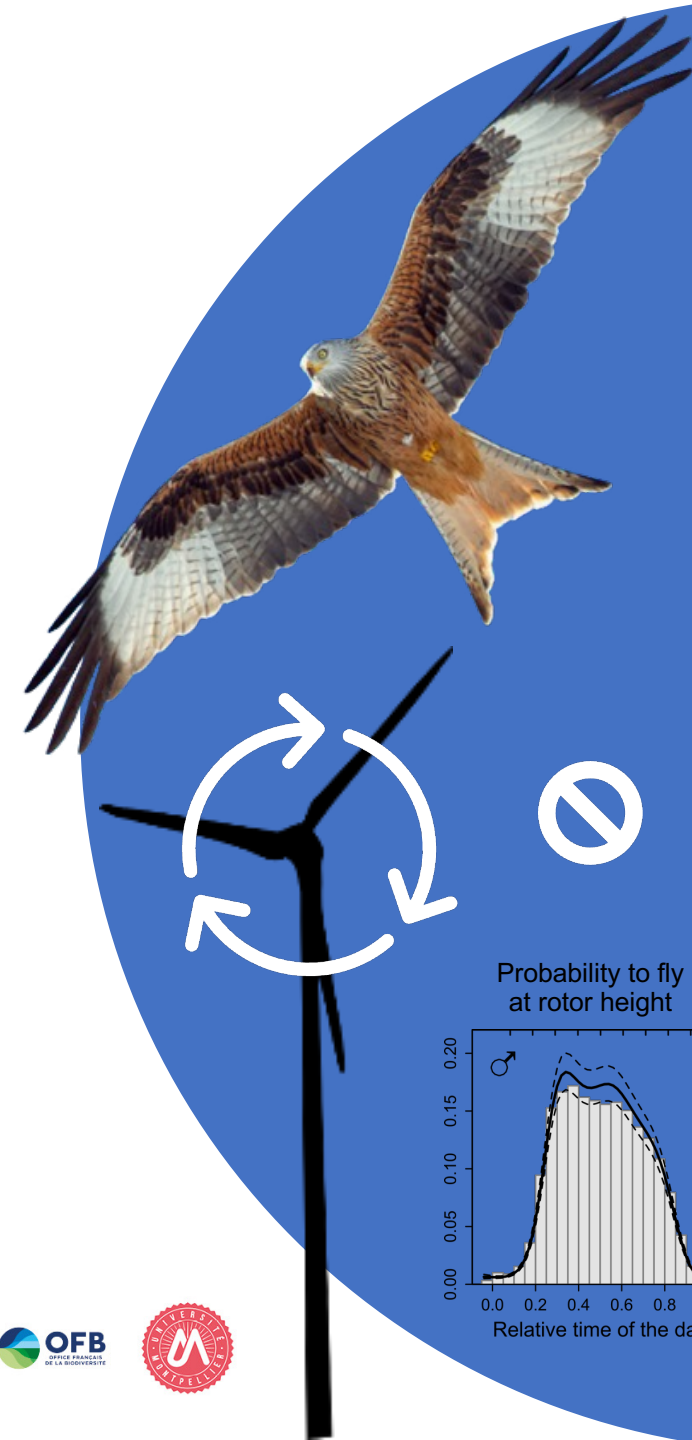


EOLRAP – Modéliser les comportements de vol des RAPaces pour réduire le risque de collision avec les EOLiennes

Tonio Schaub & Alexandre Millon – Aix Marseille Université

Raymond Klaassen – University of Groningen (Pays-Bas)

Caroline de Zutter – ENGIE



SOUTIENS INSTITUTIONNELS



Risque de collision aviaire: les outils d'atténuation à disposition

Planification spatiale (fine/large échelle)

?

Dimensionnement des turbines

?

Peinture des pales

?

Effarouchement

Bridage prédictif

?

Bridage à la demande

?



Risque de collision aviaire: les outils d'atténuation étudiés par EOLRAP

Planification spatiale (fine/large échelle)

?

Dimensionnement des turbines

?

Peinture des pales

?

Effarouchement

Bridage prédictif

?

Bridage à la demande

?

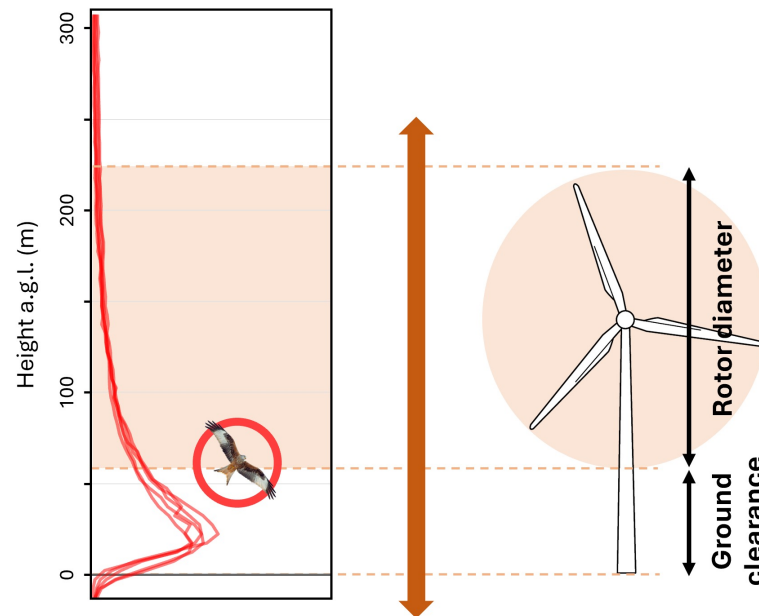


Wind4Birds : un outil interactif pour optimiser les dimensions des éoliennes et leur distance aux nids d'espèces sensibles

Module 1

Flight height distribution

Wind turbine dimensions



Vertical overlap
(between flight height distribution and rotor height range)

Aix-Marseille université
Socialement engagée

NNT : 0000AIXM0000

THÈSE DE DOCTORAT

Soutenu à Aix-Marseille Université
le 10 avril 2024 par

Tonio SCHAUB

Reconciling wind energy development with bird conservation: A comparative study of flight behaviour in raptors to understand and mitigate wind turbine collision risk

Discipline Sciences de l'environnement	••• Composition du jury Beth SCOTT Rapporteuse
Spécialité Écologie	••• Professeure, University of Aberdeen, UK
École doctorale ED 251 – Sciences de l'environnement	••• Olivier DURIEZ Rapporteur
Laboratoire/Partenaires de recherche Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale	••• Maître de conférences HDR, Université de Montpellier
ENGIE Lab CRIGEN	••• Virginie BALDY Présidente du jury
University of Groningen	••• Professeure des universités, Aix-Marseille Université
Dutch Montagu's Harrier Foundation	••• Ana RODRIGUES Examinatrice
imbe	••• Directrice de recherche, CNRS Montpellier
ENGIE Lab Crigen	••• Christian KERBIRIOU Examineur
university of groningen	••• Maître de conférences, Sorbonne Université
Koninkrijkswetenschappelijk Instituut voor Natuur- en Milieuscherming	••• Alexandre MILLON Directeur de thèse
	••• Maître de conférences HDR, Aix-Marseille Université
	••• Raymond KLAASSEN Co-encadrant
	••• Maître de conférences, University of Groningen, NL
	••• Caroline DE ZUTTER Co-encadrante
	••• Ingénieure de recherche, ENGIE Lab CRIGEN

Wind4Birds : un outil interactif pour optimiser les dimensions des éoliennes et leur distance aux nids d'espèces sensibles

THÈSE DE DOCTORAT

Soutenue à Aix-Marseille Université
le 10 avril 2024 par

Tonio SCHAUB

Reconciling wind energy development with bird conservation: A comparative study of flight behaviour in raptors to understand and mitigate wind turbine collision risk

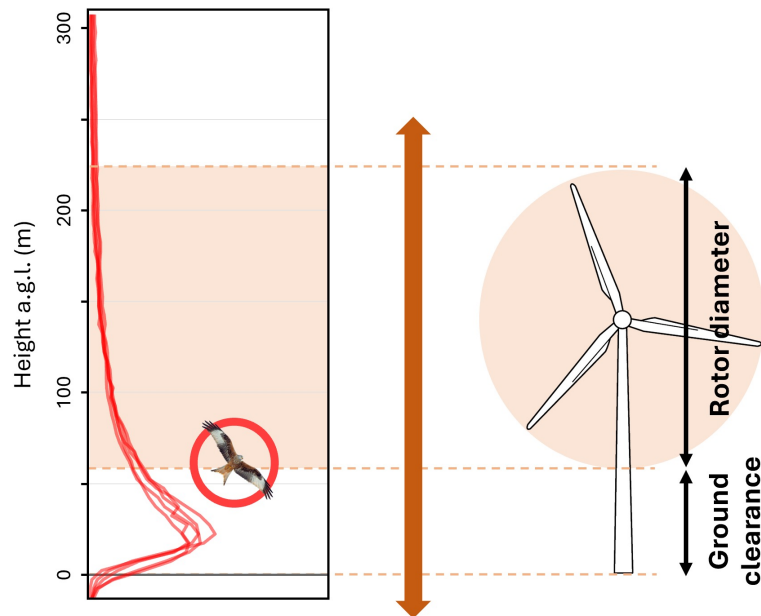
Discipline Sciences de l'environnement	Composition du jury Beth SCOTT Professeure, University of Aberdeen, UK	Rapporteuse
Spécialité Écologie	Olivier DURIEZ Maître de conférences HDR, Université de Montpellier	Rapporteur
École doctorale ED 251 – Sciences de l'environnement	Virginie BALDY Professeure des universités, Aix-Marseille Université	Présidente du jury
Laboratoire/Partenaires de recherche Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale	Ana RODRIGUES Directrice de recherche, CNRS Montpellier	Examinatrice
ENGIE Lab CRIGEN	Christiane KERBIRIOU Maître de conférences, Sorbonne Université	Examinateur
University of Groningen	Alexandre MILLON Maître de conférences HDR, Aix-Marseille Université	Directeur de thèse
Dutch Montagu's Harrier Foundation	Raymond KLAASSEN Maître de conférences, University of Groningen, NL	Co-encadrant
	Caroline DE ZUTTER Ingénieure de recherche, ENGIE Lab CRIGEN	Co-encadrante

Module 1

Flight height distribution

+

Wind turbine dimensions



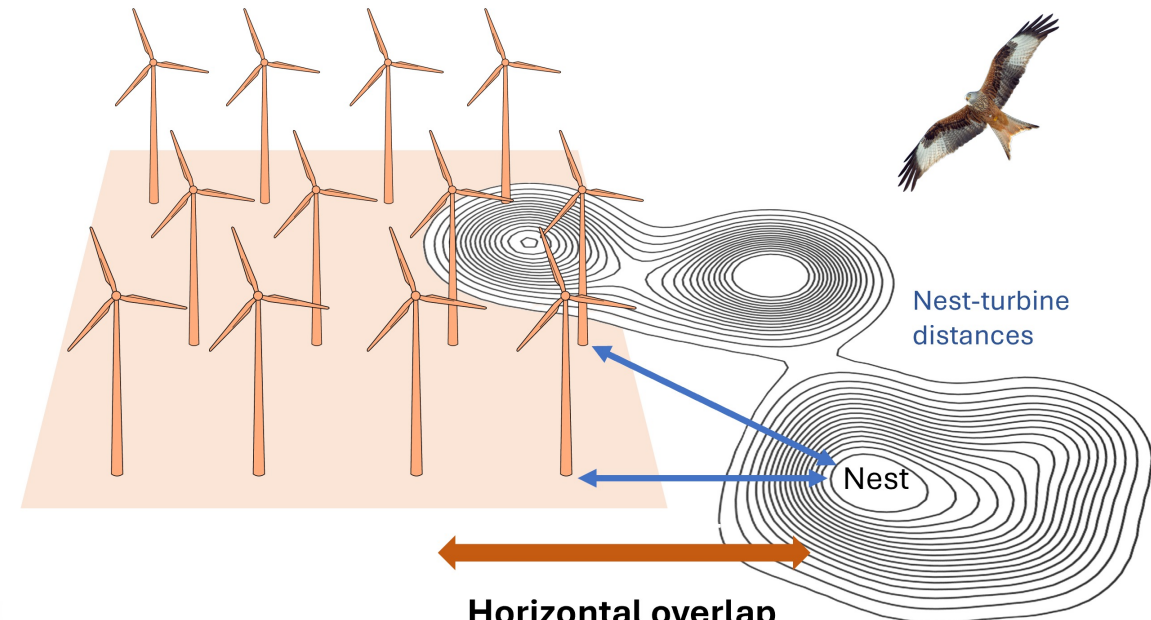
Vertical overlap
(between flight height distribution and rotor height range)

Module 2

Wind turbine locations

+

Home range

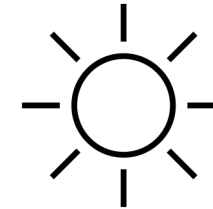
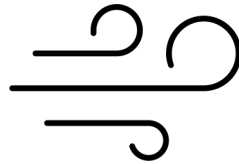
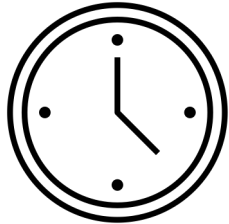
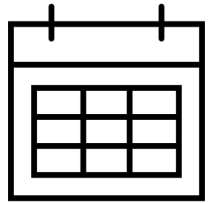


Horizontal overlap
(between home range and wind farm footprint based on nest-turbine distances)

Evaluation du potentiel du bridage prédictif pour réduire le risque de collision

Arrêt des éoliennes dans des conditions pré-définies, lorsque le risque de collision est jugé maximal

Typiquement, sur la base de paramètres temporels et météorologiques



Efficace chez les chauves-souris: réduction significative des collisions avec une perte de production d'énergie minimale



Pas d'études équivalentes chez les oiseaux

Une approche basée sur le comportement de vol

Comportement de vol

Télémetrie GPS

Proxy du risque de collision :
Probabilité de voler à hauteur du rotor

Production d'énergie éolienne

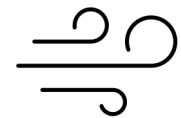
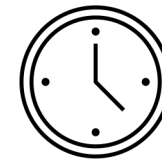
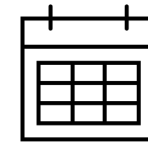
Données SCADA

Variables prédictives:

Saison (jour)

Heure

Vitesse du vent



- **Objectif:** identifier des stratégies de bridage permettant de réduire le risque de collision pour une perte de production réduite

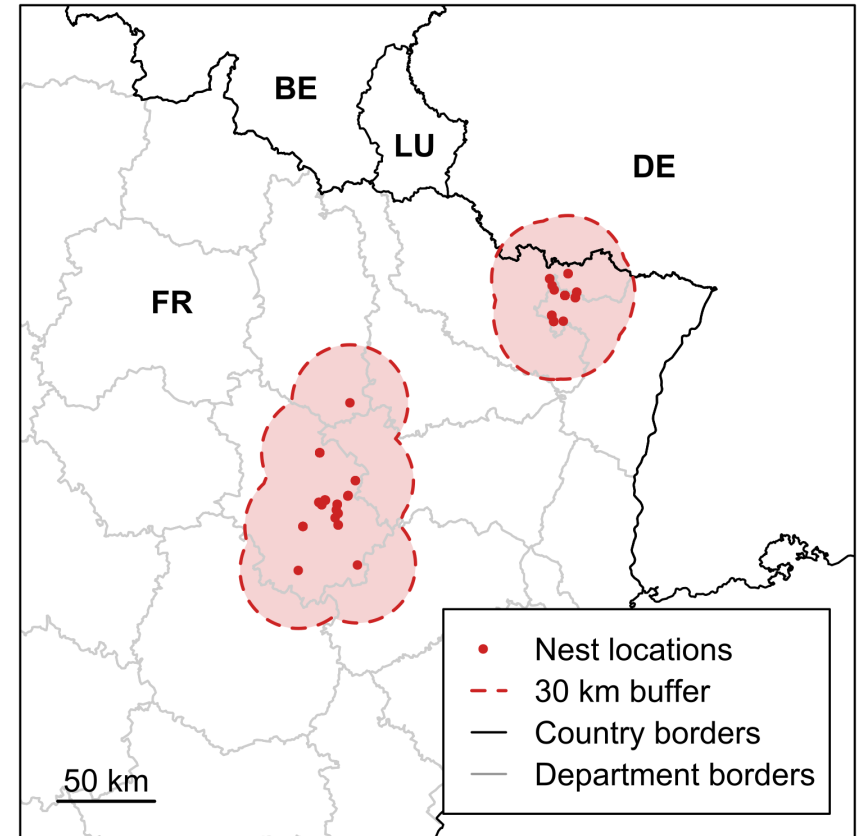


Cas d'étude: télémétrie GPS sur le Milan royal en région Grand Est

29 oiseaux adultes reproducteurs
2021-2024

Saison de reproduction: Mars-Aout
→ 445,095 positions GPS, 64 oiseau*saison

Hauteur de vol par altimétrie
barométrique (données météo ERA5)

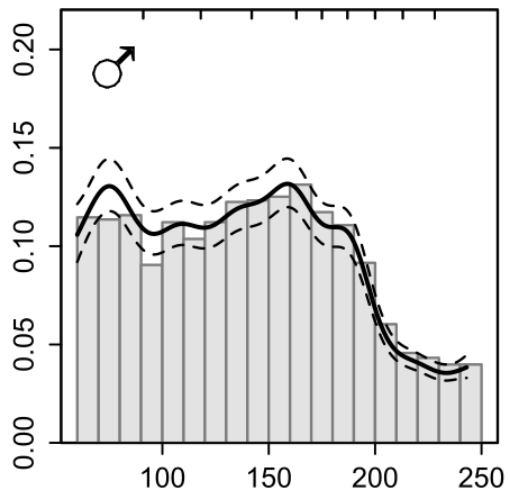
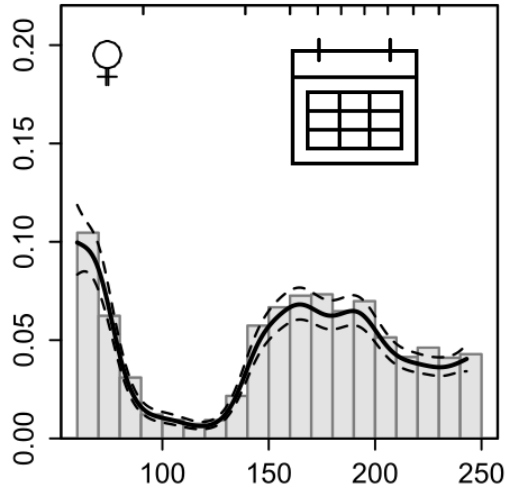


Champagne-Ardenne
Alsace

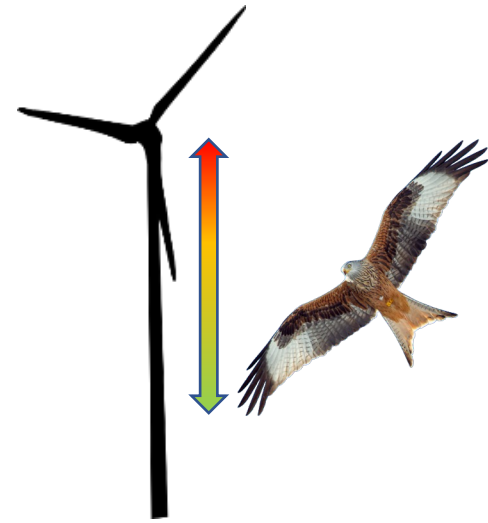


Effet des prédicteurs sur le risqué de collision du Milan royal

Probabilité de vol à hauteur du rotor



Jour de l'année

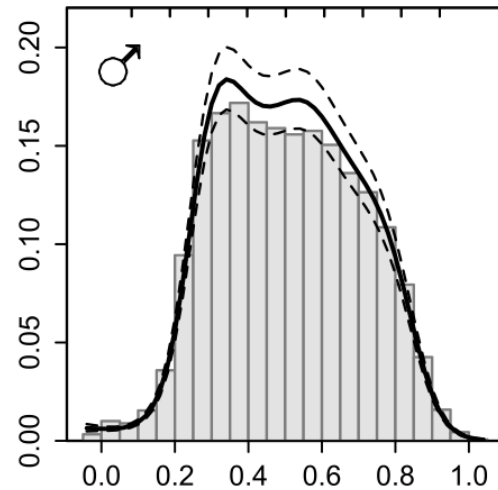
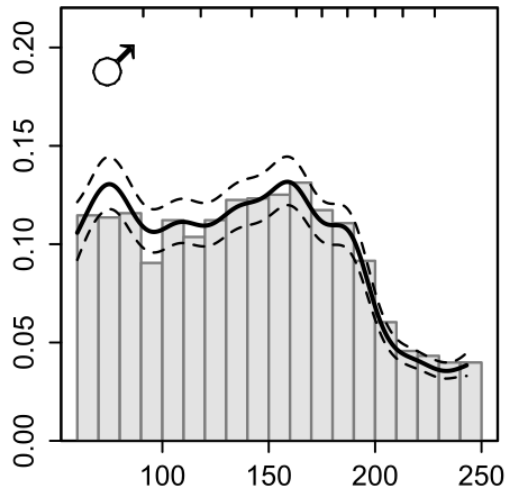
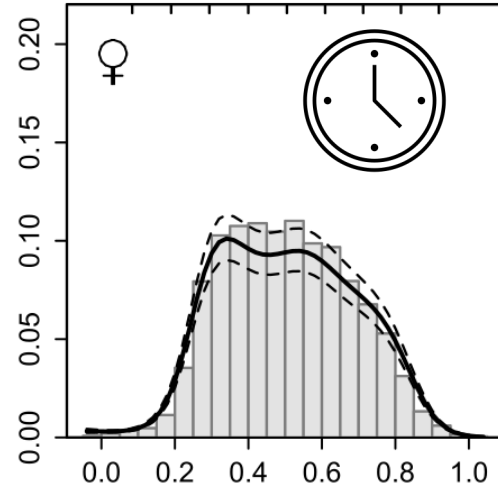
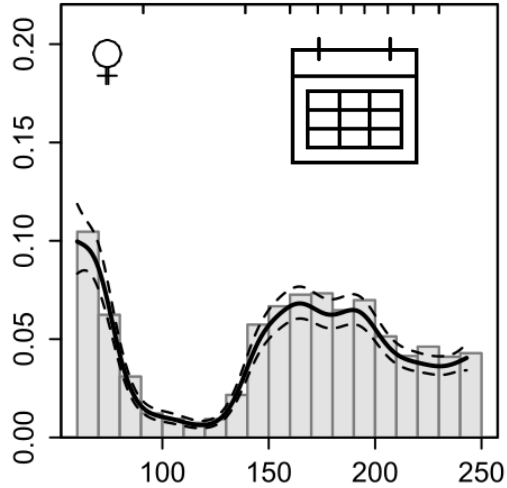


Hauteur rotor: **50-150 m**

Barres: données brutes
Courbes: prédictions GAMM

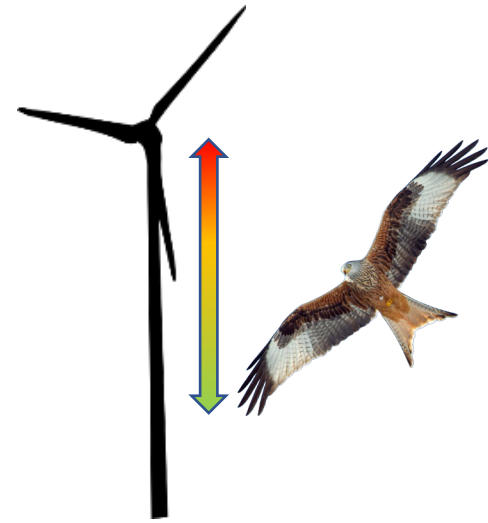
Effet des prédicteurs sur le risqué de collision du Milan royal

Probabilité de vol à hauteur du rotor



Jour de l'année

Heure relative de la journée



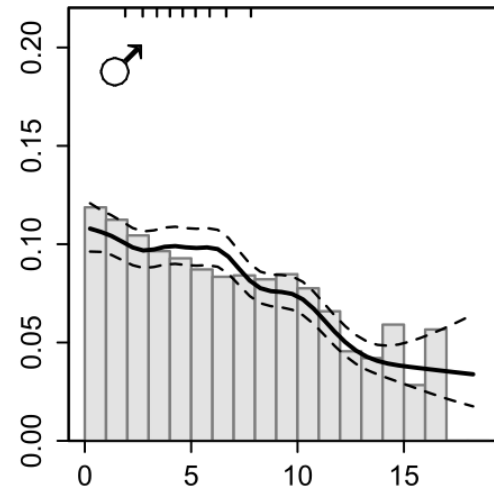
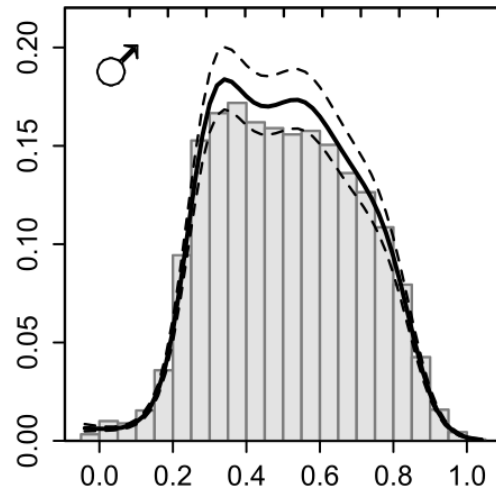
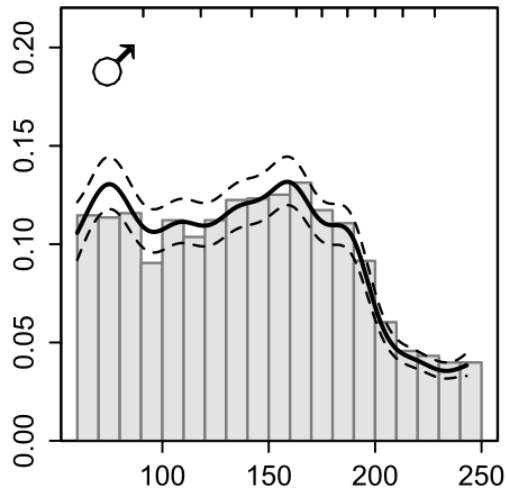
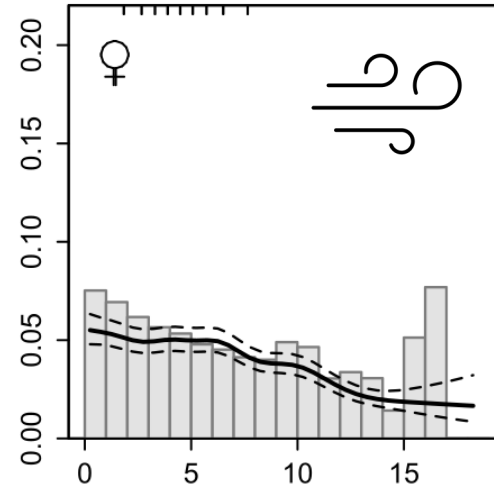
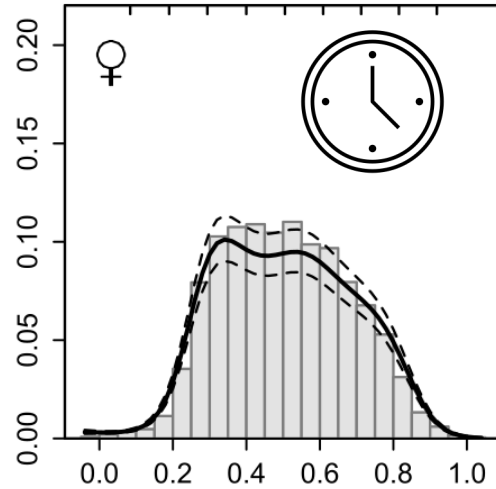
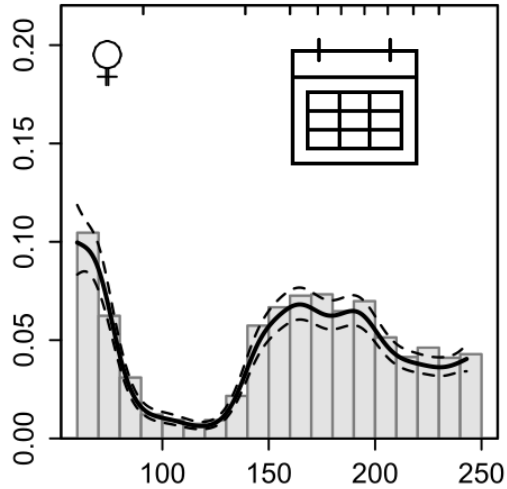
Hauteur rotor: **50-150 m**

Barres: données brutes
Courbes: prédictions GAMM



Effet des prédicteurs sur le risqué de collision du Milan royal

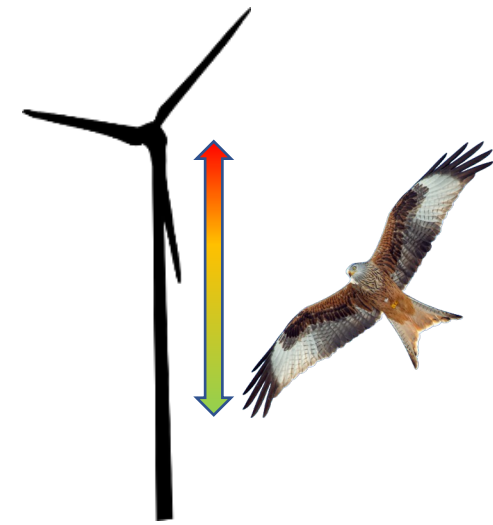
Probabilité de vol à hauteur du rotor



Jour de l'année

Heure relative de la journée

Vent (m/s)



Hauteur rotor: **50-150 m**

Barres: données brutes
Courbes: prédictions GAMM



Combiner la production d'énergie éolienne et le risque de collision

- Données SCADA obtenues d'une centrale éolienne en Haute-Marne (2020-2024)
- 13 turbines de 2.05 MW
- Diamètre: 92.5 m; Hauteur nacelle: 100 m
- Garde au sol: 54 m

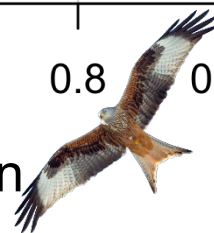
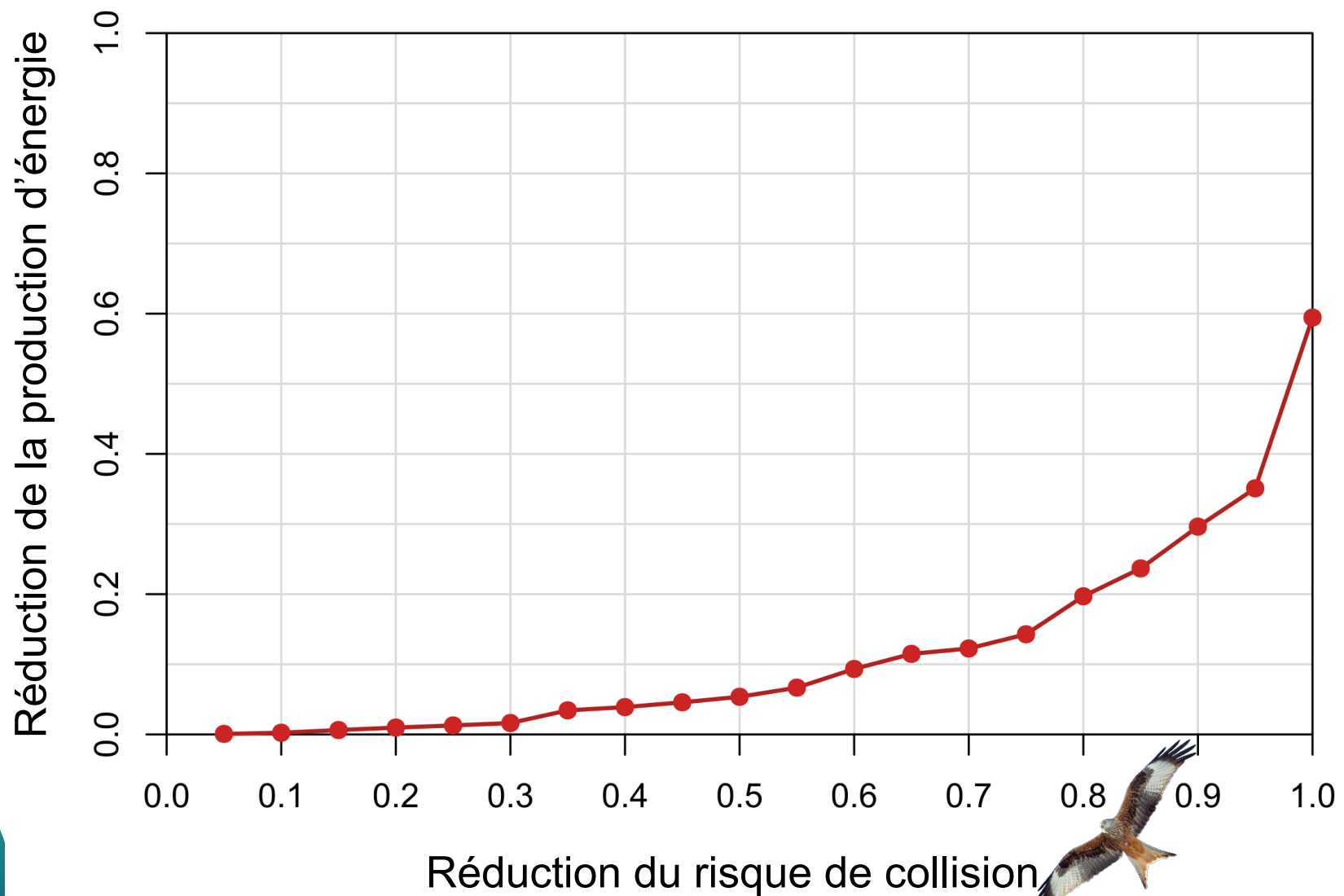
Simulation de **276,640 régimes potentiels de bridage**

→ Puissance produite et risque de collision à zero

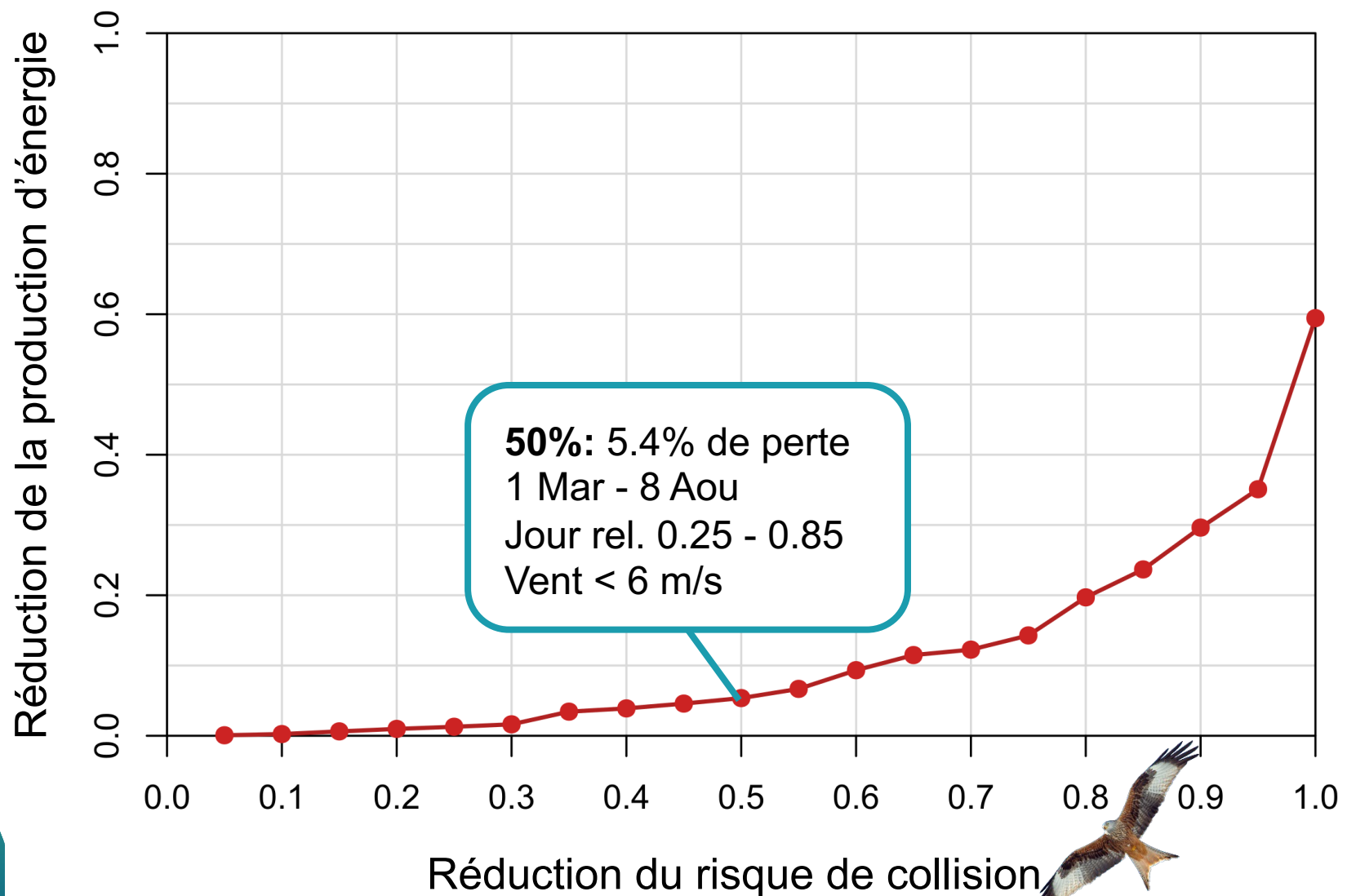
Indice de risque de collision

Calendrier	Vent (m/s)	Power (kW)	$P_{vol.HR} \text{ ♀}$	$P_{vol.HR} \text{ ♂}$
2024-04-15 10:00	6.9	710	0.02	0.20
2024-04-15 10:10	7.4	853	0.02	0.19
2024-04-15 10:20	9.3	1477	0.01	0.17
2024-04-15 10:30	10.6	1816	0.01	0.15
2024-04-15 10:40	10.9	1913	0.01	0.14
2024-04-15 10:50	10.7	1882	0.01	0.15

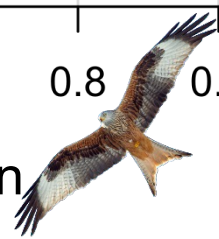
Couts/Bénéfices des régimes de bridage



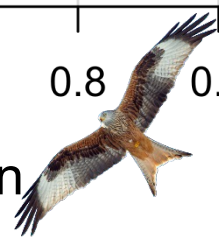
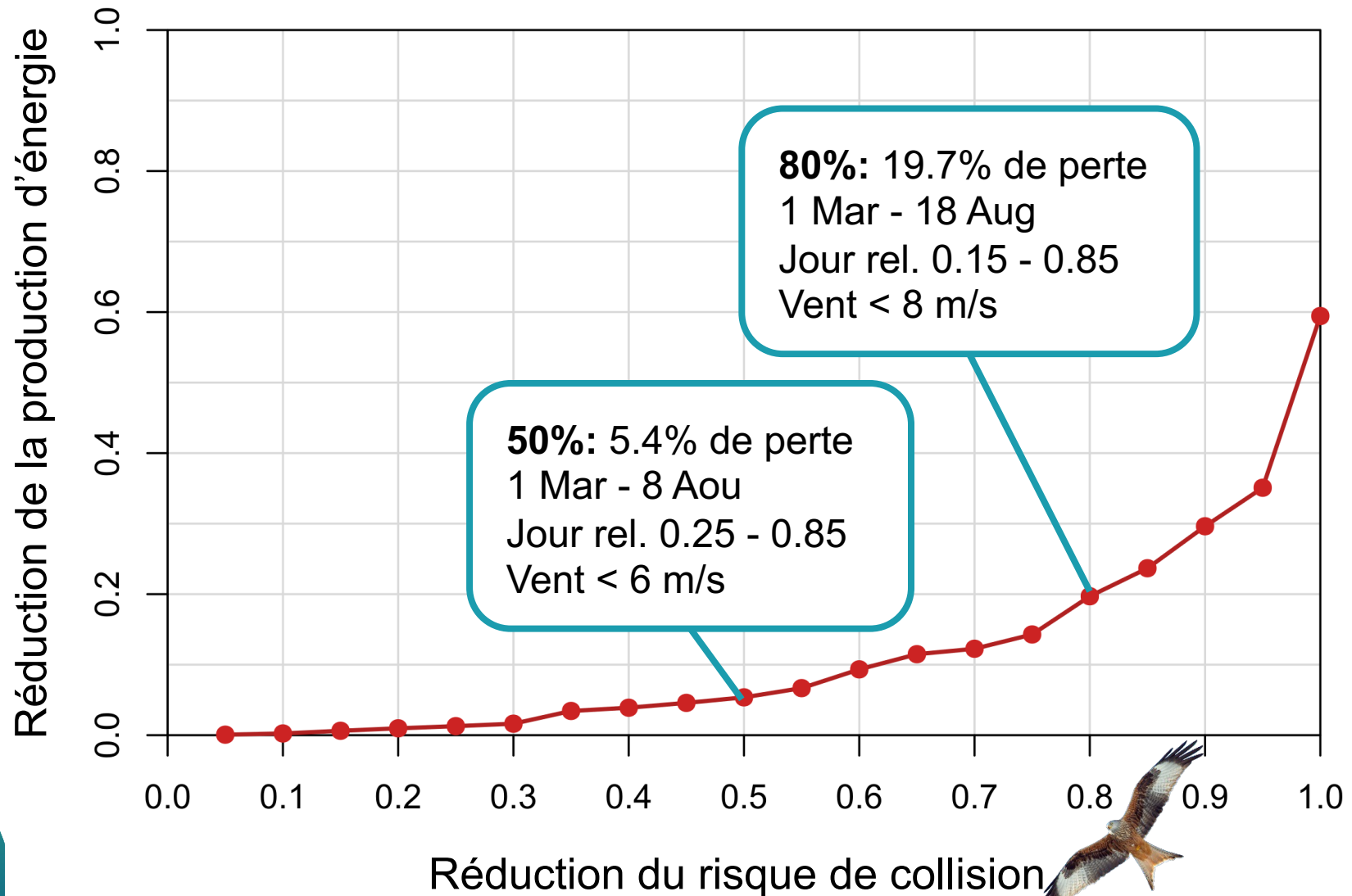
Couts/Bénéfices des régimes de bridage



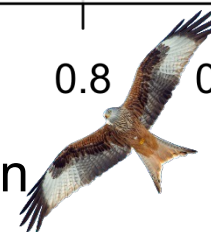
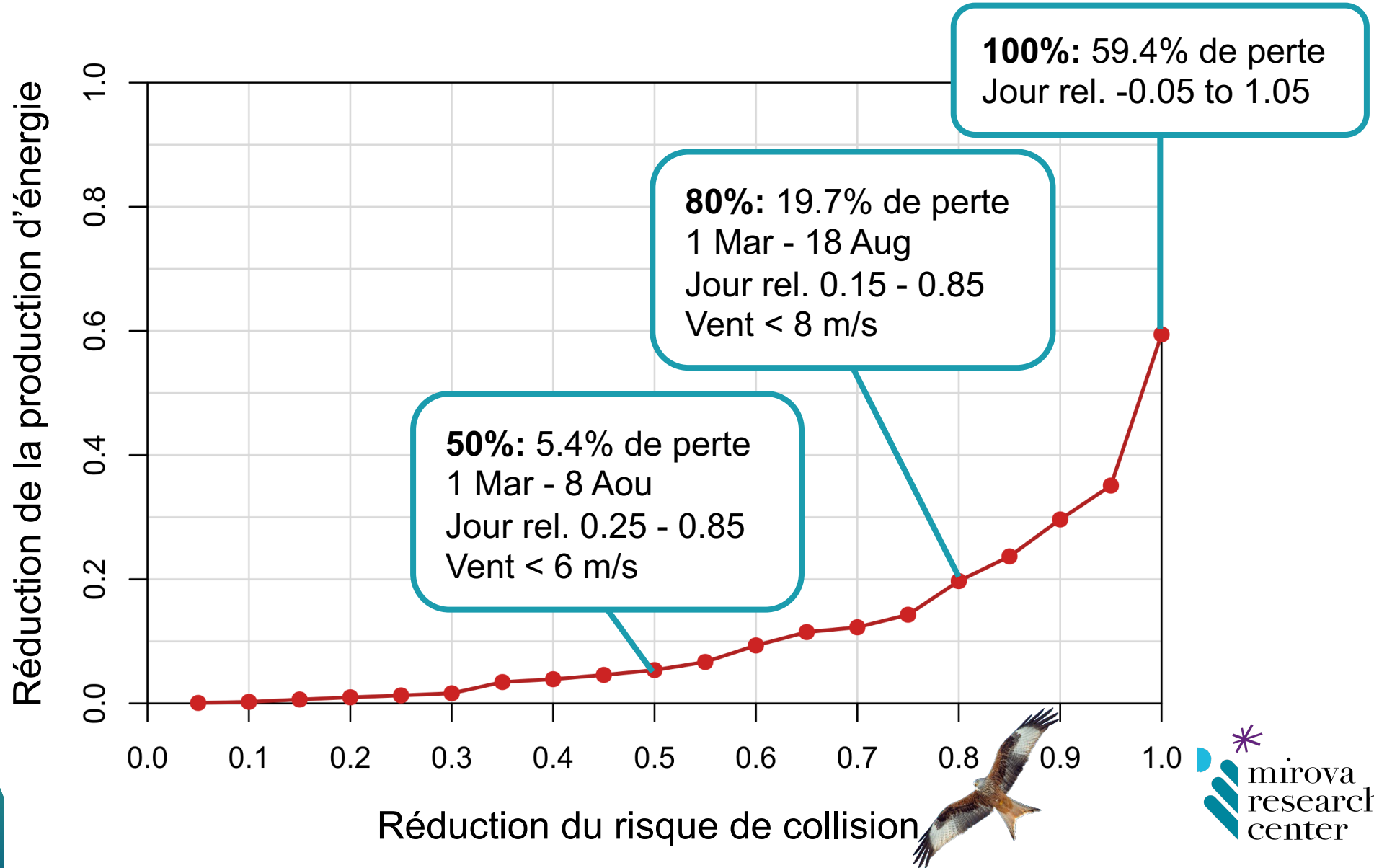
50%: 5.4% de perte
1 Mar - 8 Aou
Jour rel. 0.25 - 0.85
Vent < 6 m/s



Couts/Bénéfices des régimes de bridage



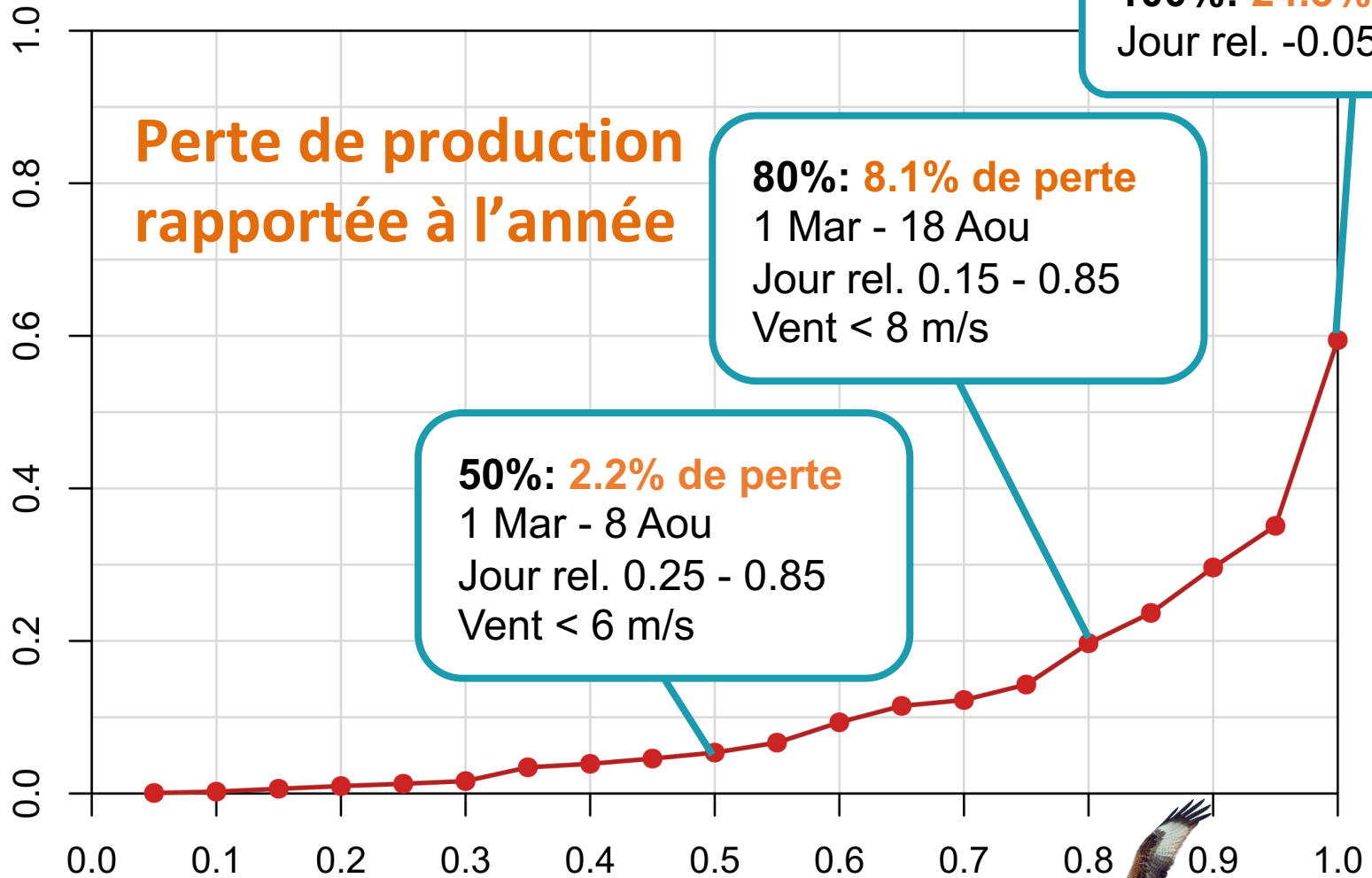
Couts/Bénéfices des régimes de bridage



Couts/Bénéfices des régimes de bridage



Réduction de la production d'énergie



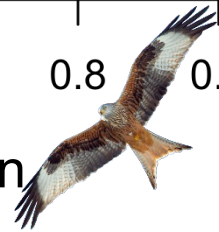
Perte de production rapportée à l'année

50%: 2.2% de perte
1 Mar - 8 Aou
Jour rel. 0.25 - 0.85
Vent < 6 m/s

80%: 8.1% de perte
1 Mar - 18 Aou
Jour rel. 0.15 - 0.85
Vent < 8 m/s

100%: 24.3% de perte
Jour rel. -0.05 - 1.05

Réduction du risque de collision



MESSAGES CLÉS

- 1 | Win4Birds: un outil interactif d'aide à la décision (*micro-siting*)
- 2 | Bridage prédictif: alternative pour les bridages réglementaires suite à des collisions
- 3 | Alternative pour le bridage à la demande?
- 4 | Potentiel effet parapluie pour de nombreuses espèces d'oiseaux



https://wind4birds.shinyapps.io/wind_turbine_dimensions



https://wind4birds.shinyapps.io/wind_turbine_locations

