

« Effets des éoliennes sur l'utilisation des habitats par les chiroptères »

Camille Leroux

Muséum National d'Histoire Naturelle - Auddicé biodiversité

Direction de thèse :

M. Kerbiriou Christian, MC, Sorbonne Université

Mme Le Viol Isabelle, MC, MNHN

M. Barré Kevin, Post-doctorant, MNHN

M. Valet Nicolas, Directeur Général Auddicé biodiversité



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE



CESCO
Centre d'Écologie et des
Sciences de la Conservation

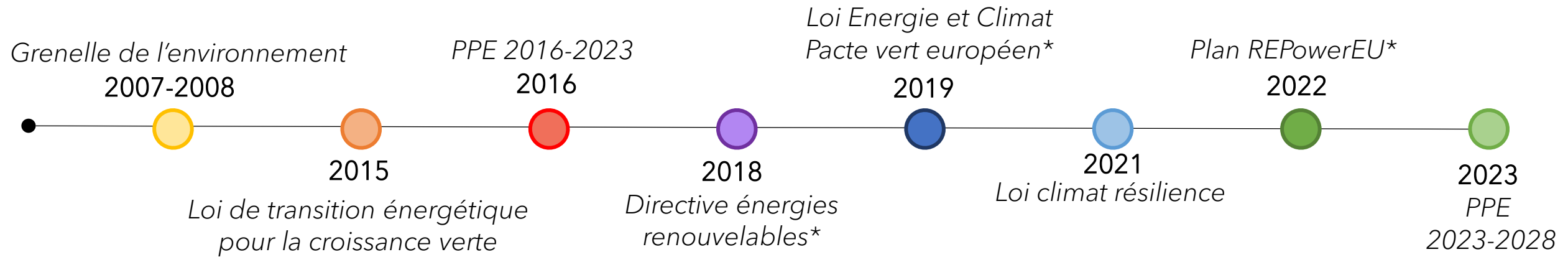
anRT
ASSOCIATION NATIONALE
RECHERCHE TECHNOLOGIE

Cifre

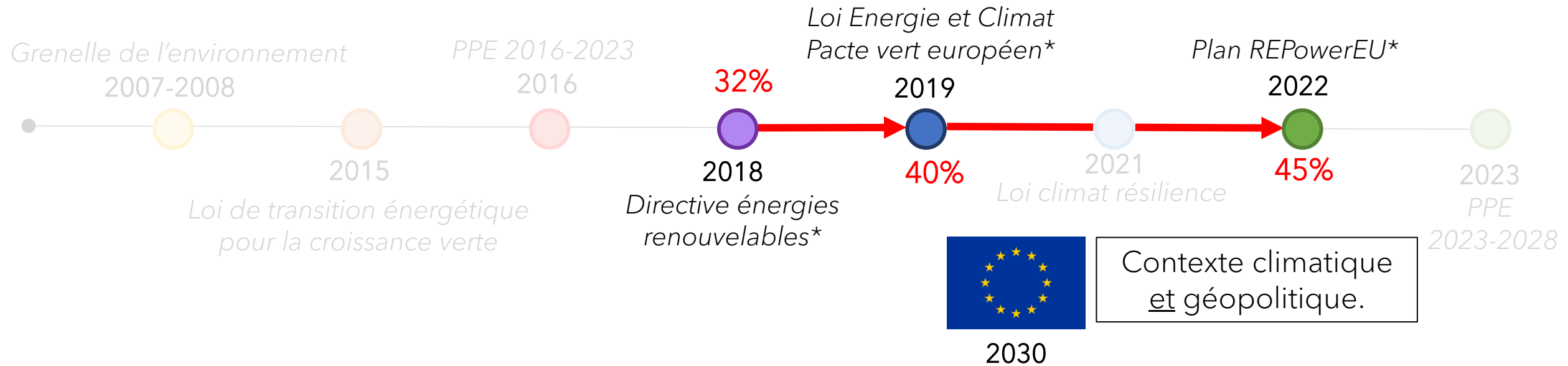


auddicé

*UE

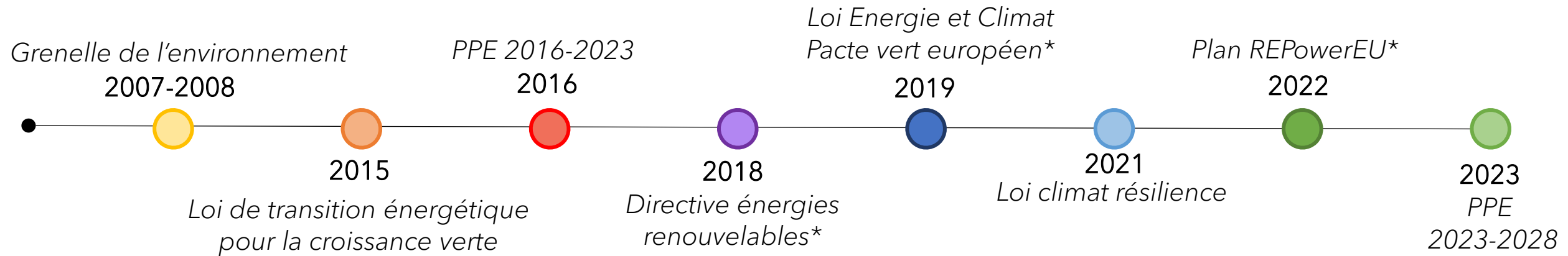


*UE

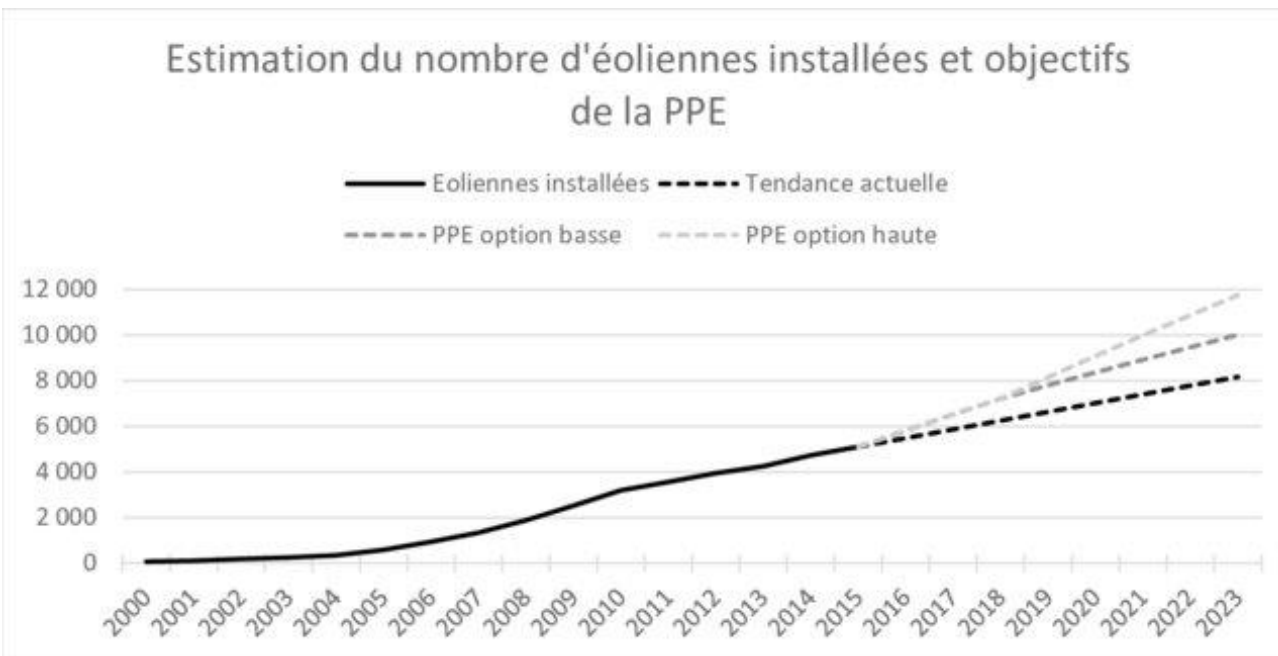


→ Objectif ENR dans mix énergétique

*UE

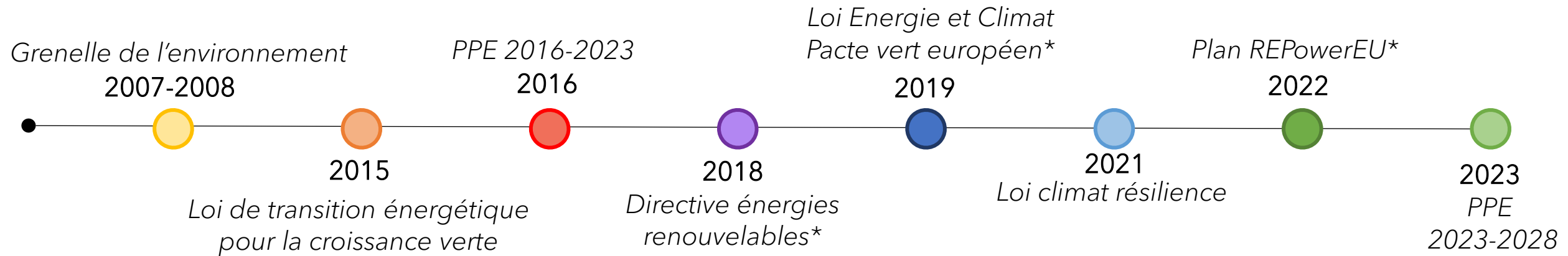


1. Plus d'éoliennes

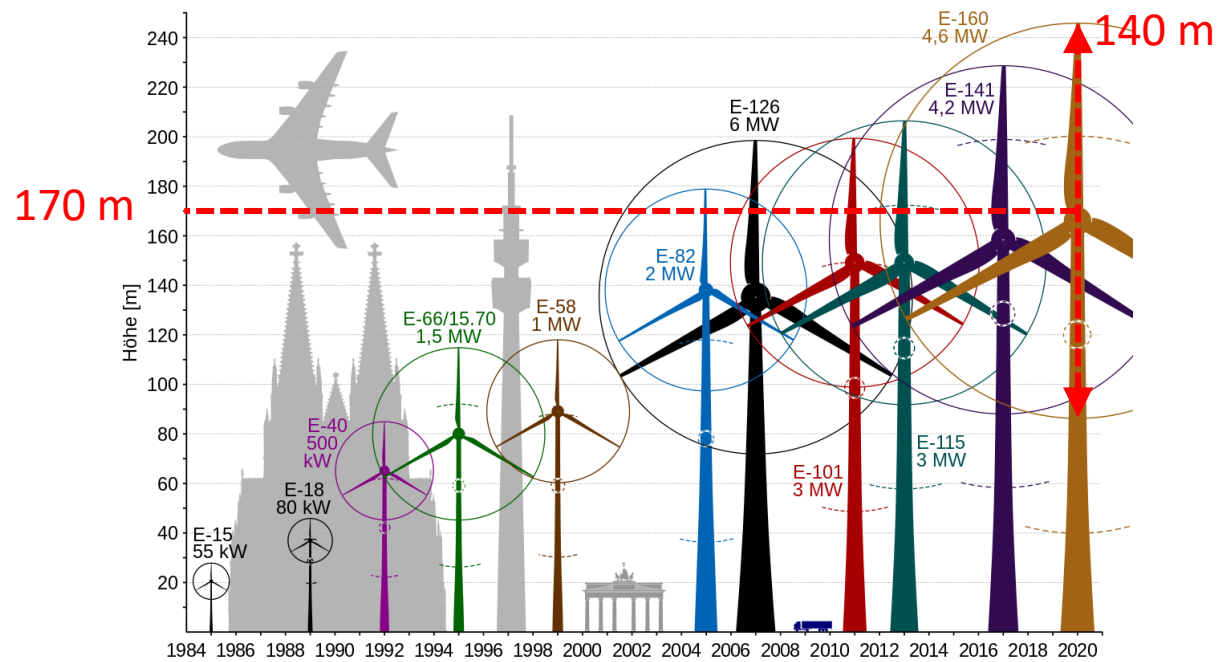


© LPO | Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 | 2016.

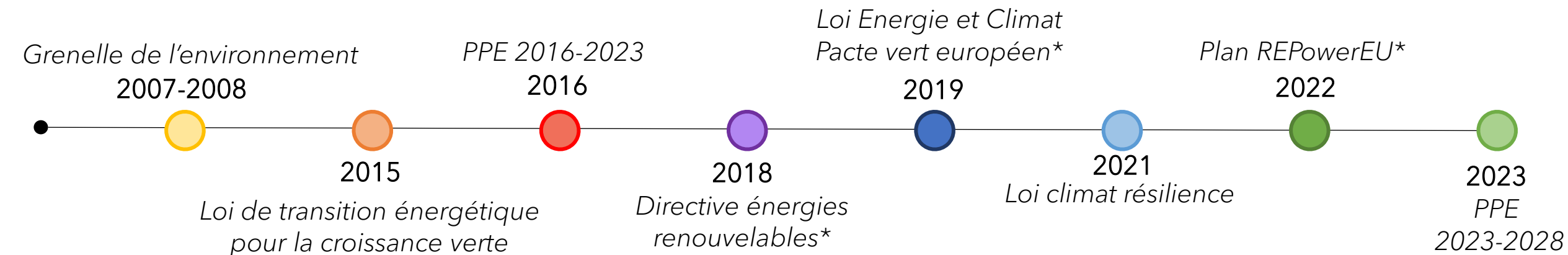
*UE



1. Plus d'éoliennes > 2. Des éoliennes plus grandes.



*UE



« Pour les projets d'installations de production d'énergies renouvelables [...] et dans la stricte limite des zones d'accélération pour l'implantation d'installations terrestres de production d'énergies renouvelables [...] la durée maximale de la phase d'examen est de trois mois »

→ Accélération des procédures d'examen.

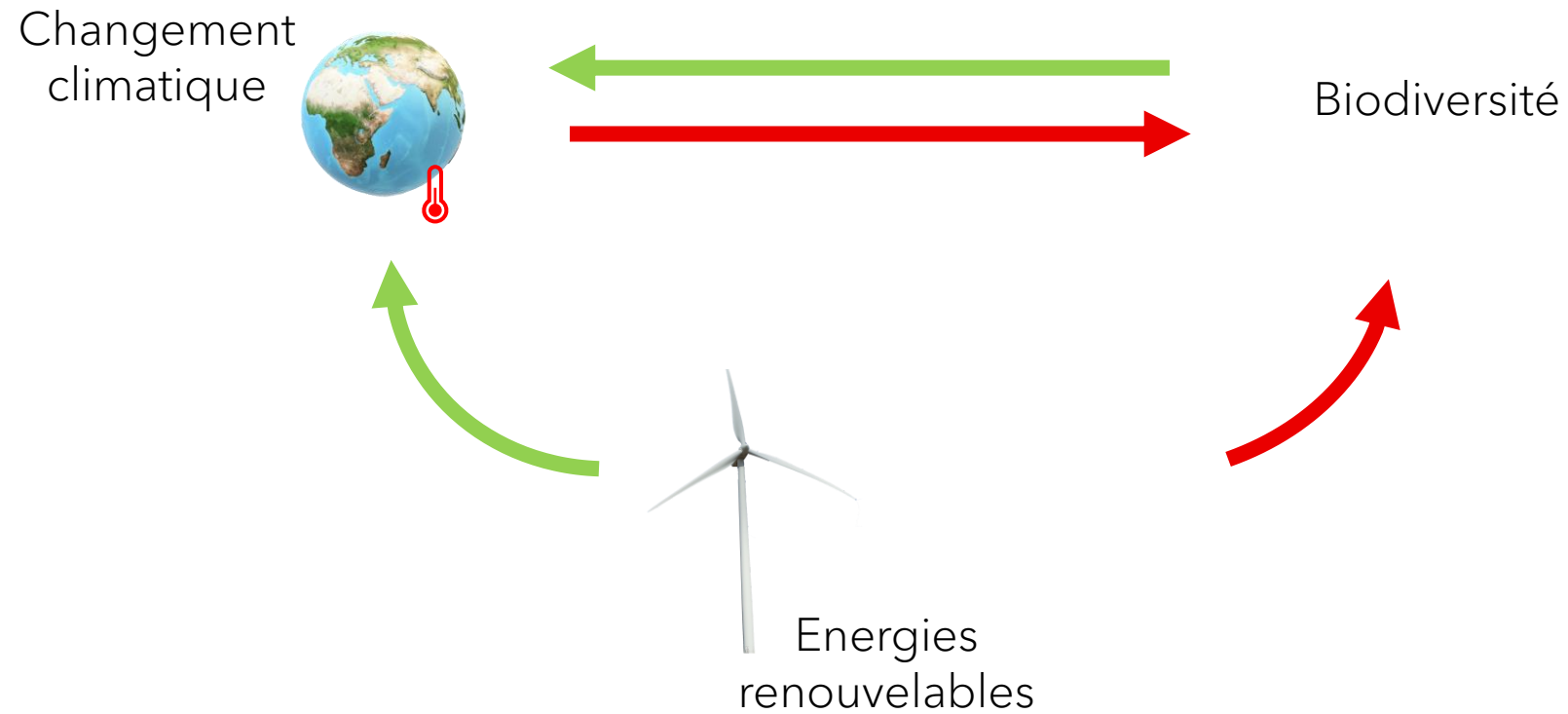
N° 53
SÉNAT

SESSION ORDINAIRE DE 2022-2023
7 février 2023

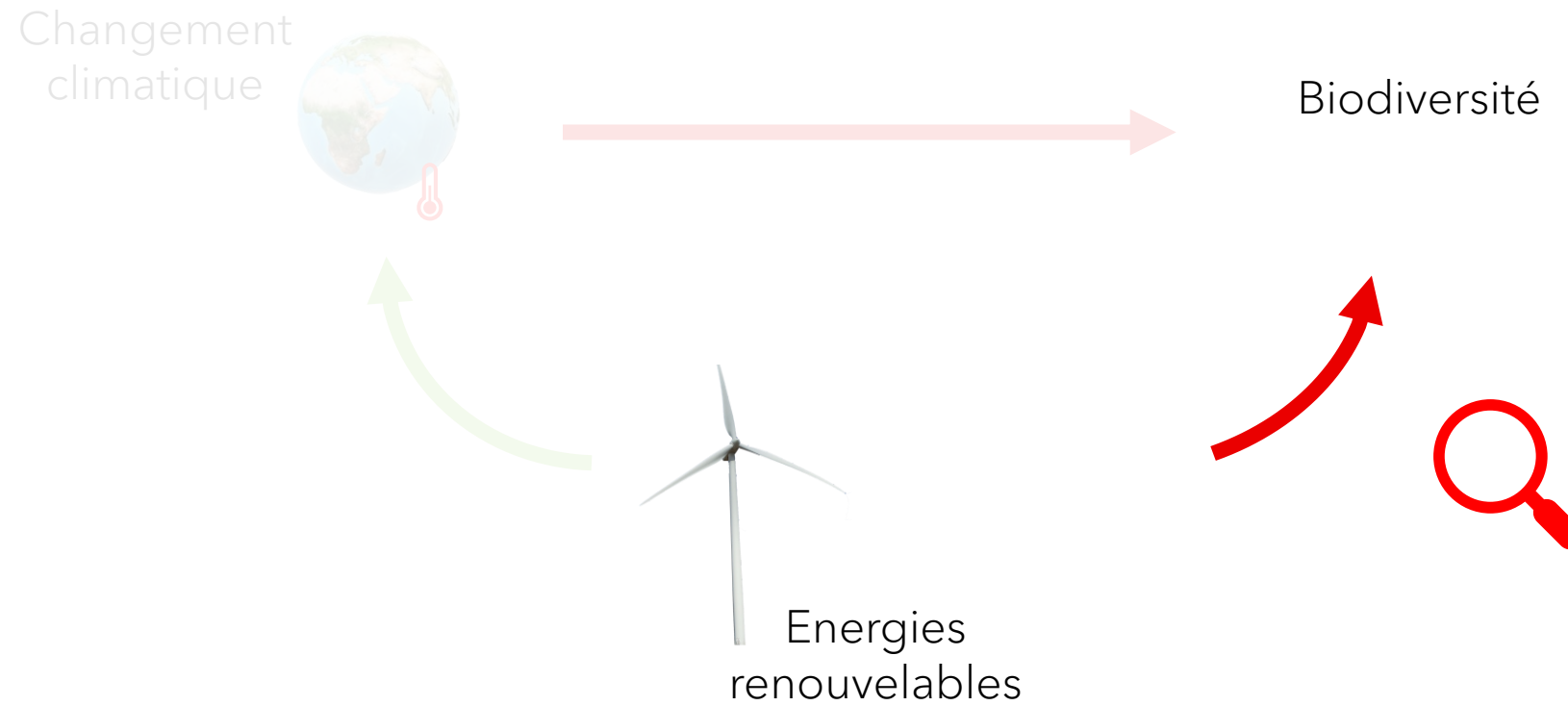
ATTENTION
TEXTE ADOPTÉ PROVISOIRE
Seule l'impression définitive a valeur de texte authentique

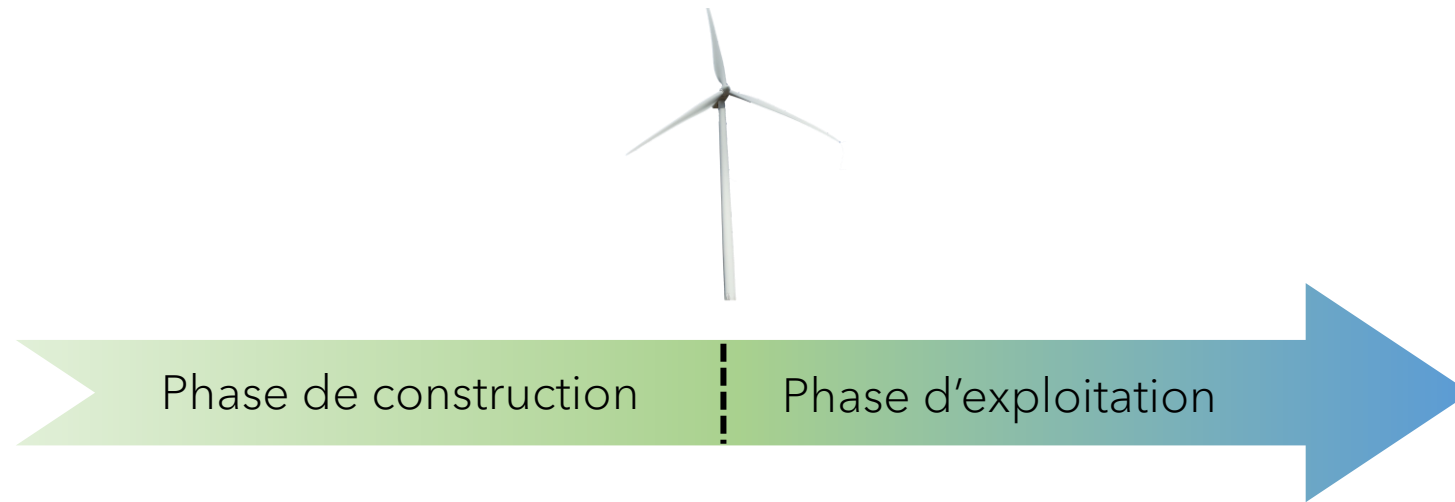
PROJET DE LOI

relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables
(Texte définitif)

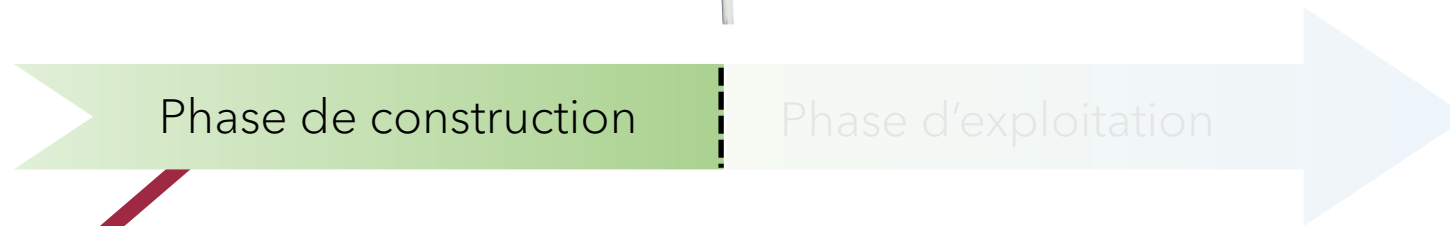


Green-green dilemma





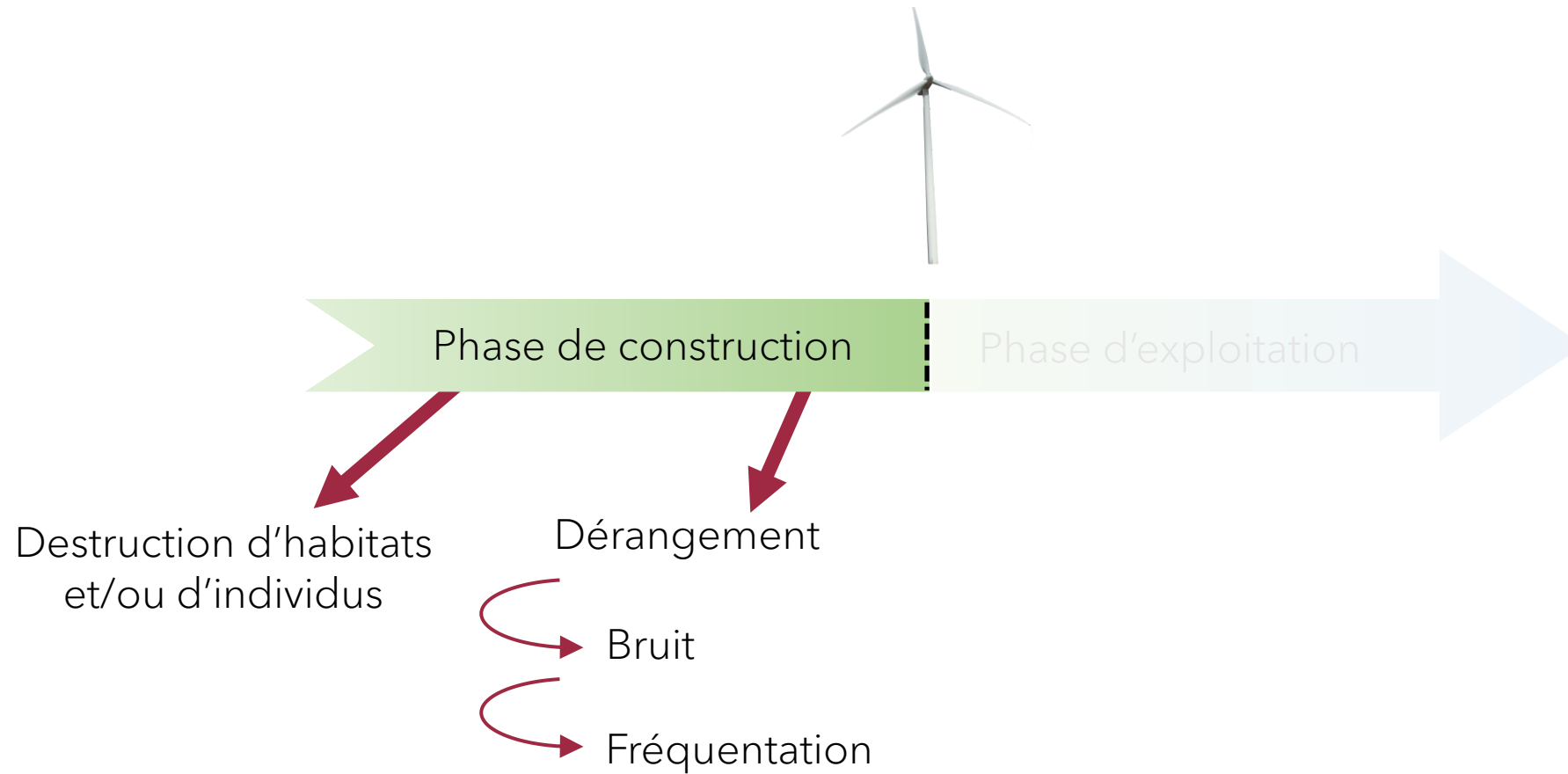
Habitat : description d'un endroit physique, à une échelle spatio-temporelle donnée, où un organisme vit ou peut potentiellement vivre (Kearney 2006).

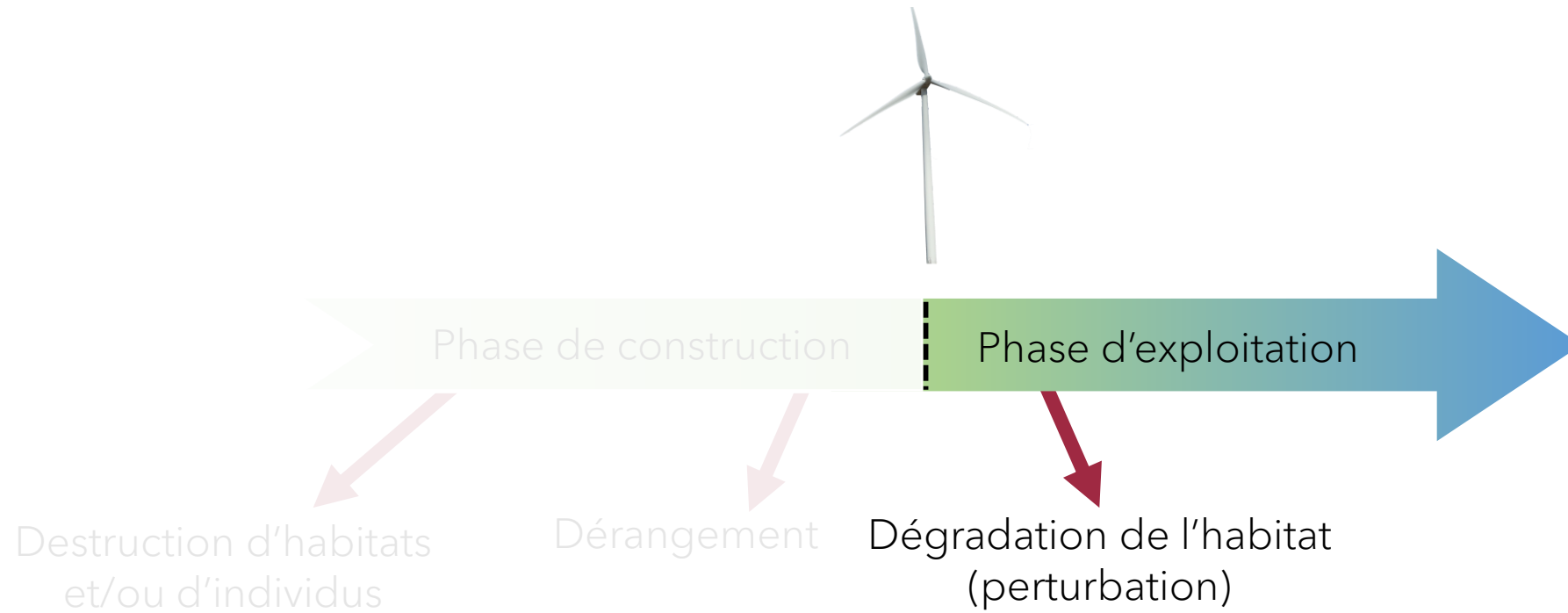


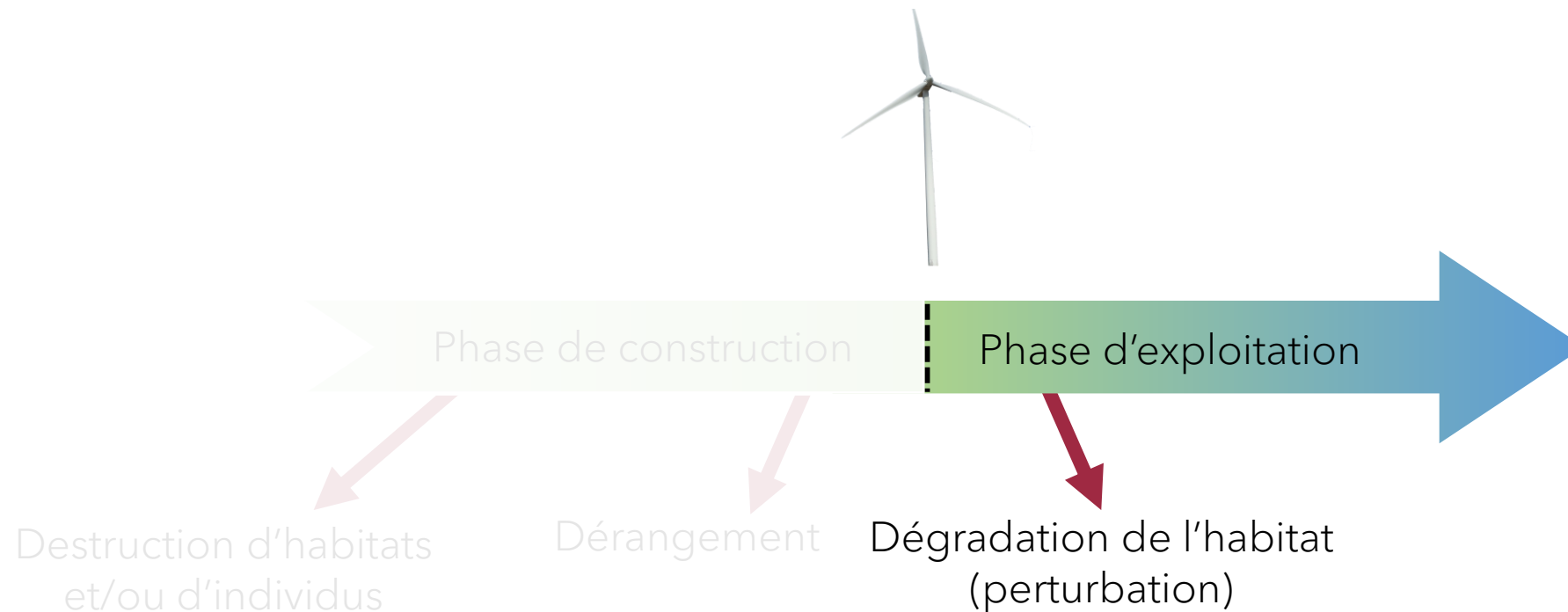
Destruction d'habitats
et/ou d'individus



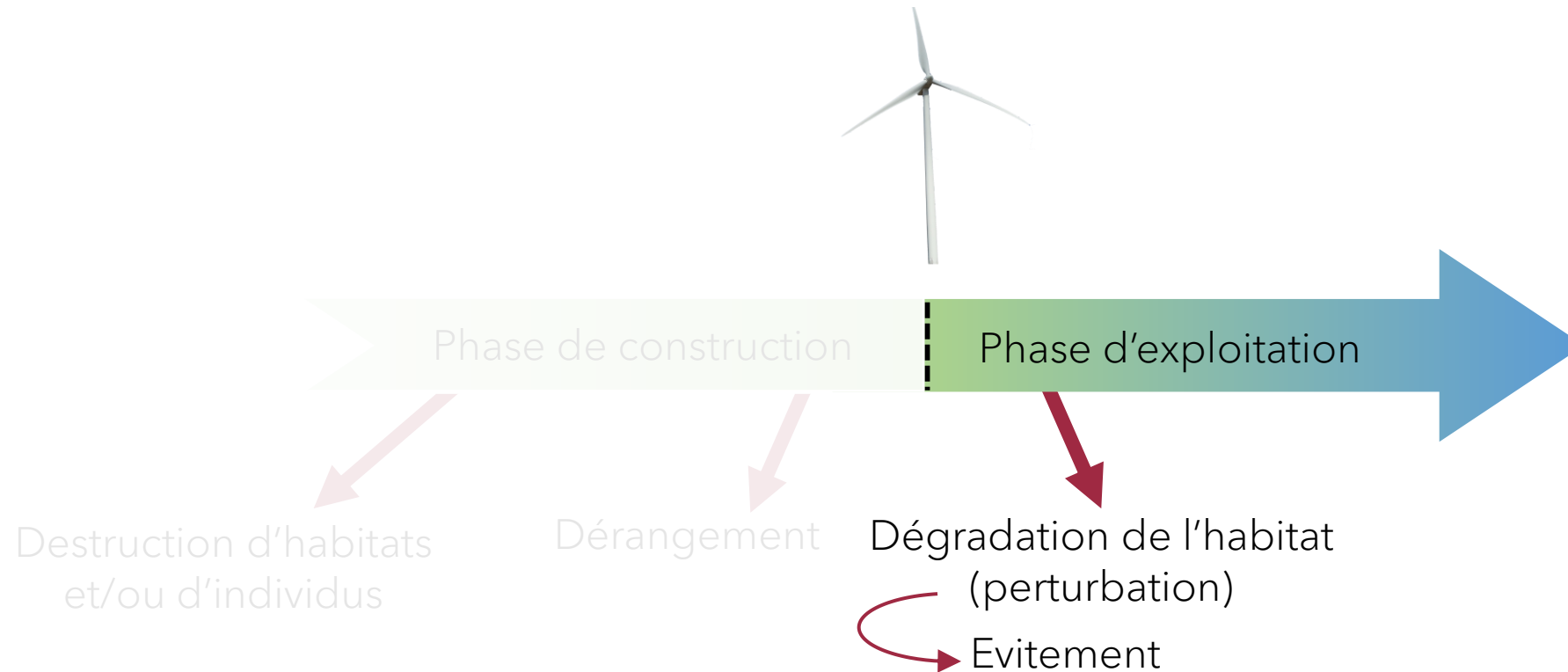
Parc éolien de Coollegrean, Irlande. ©
Statkraft. CC BY-NC-ND 2.0.



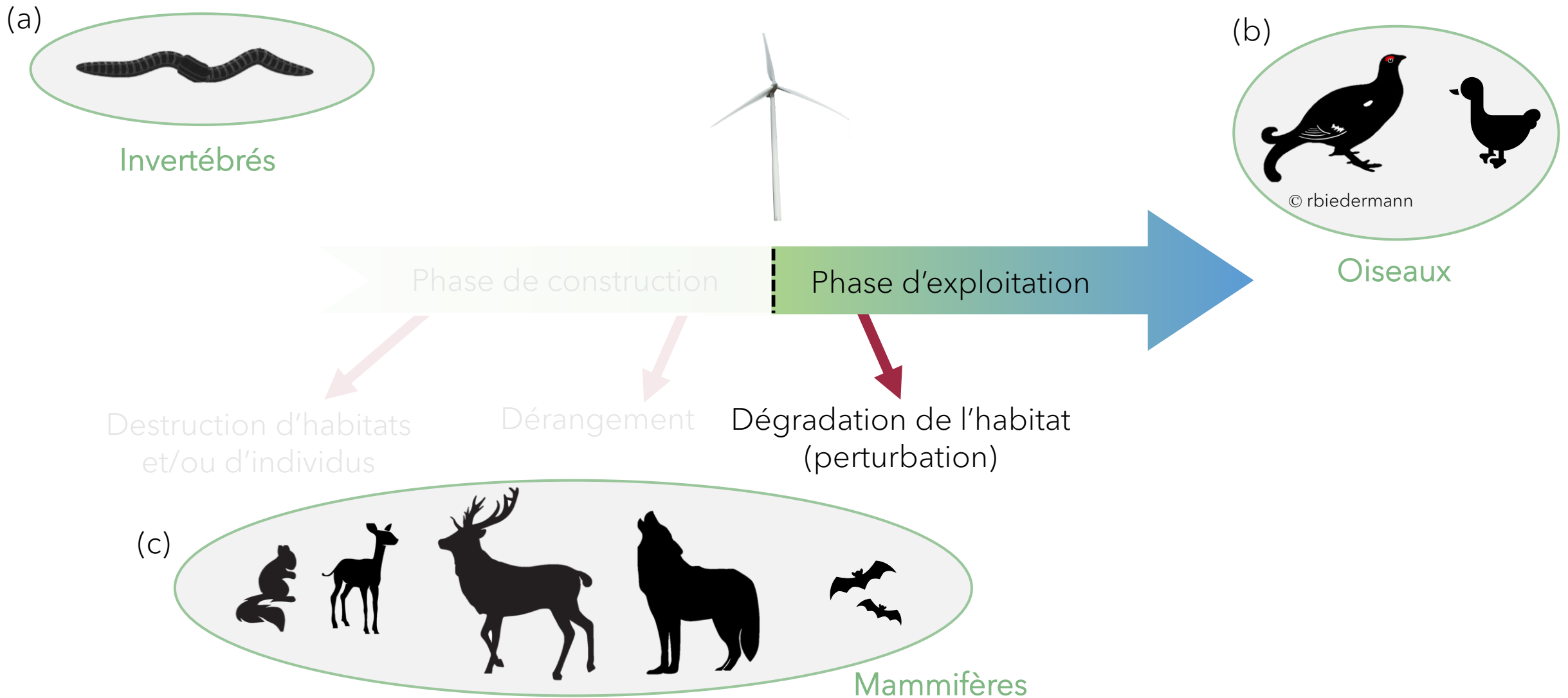




Dégradation d'habitats : réduction de la qualité d'habitat. La qualité d'habitat se réfère à la capacité d'un environnement à fournir des conditions appropriées (ressources) pour la survie de l'individu et la viabilité de la population. La dégradation d'un habitat peut conduire à une perte d'utilisation de cet habitat.



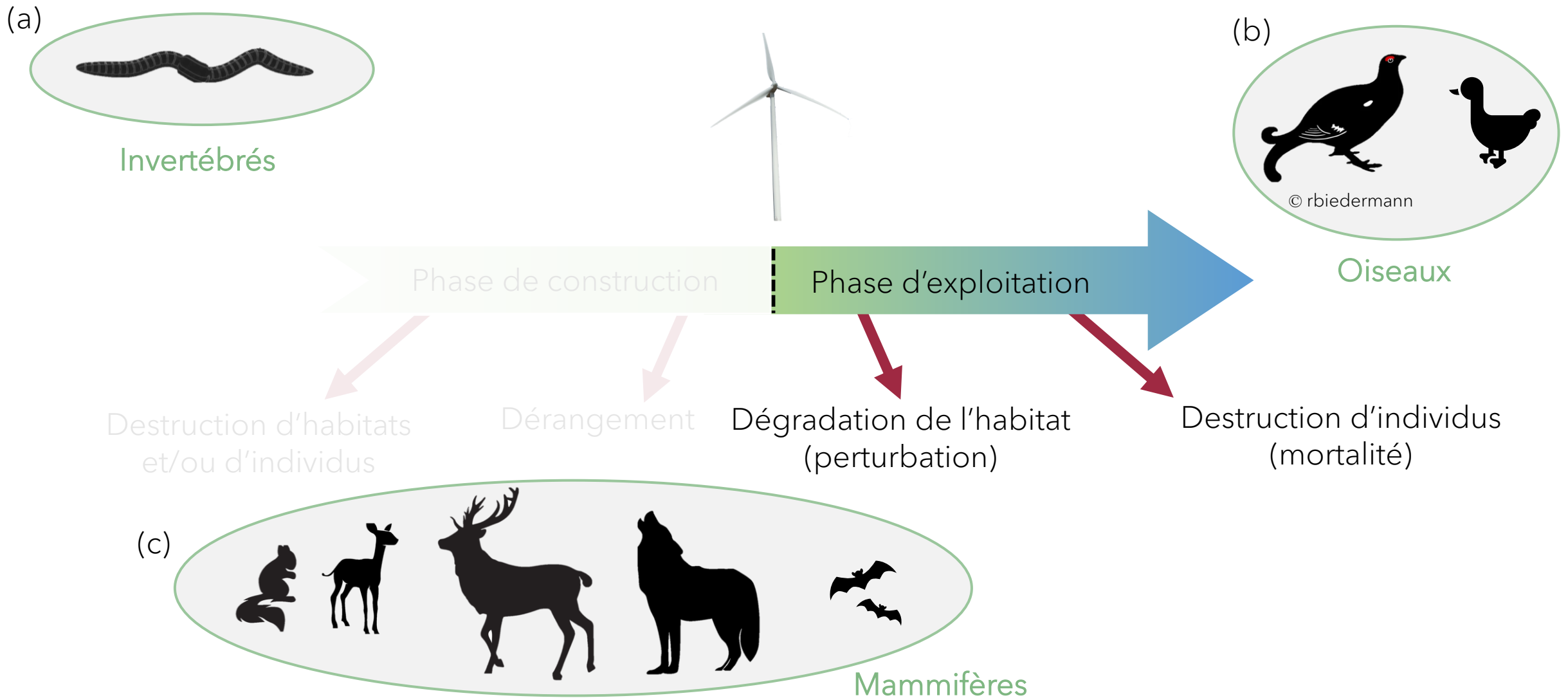
Dégradation d'habitats : réduction de la qualité d'habitat. La qualité d'habitat se réfère à la capacité d'un environnement à fournir des conditions appropriées (ressources) pour la survie de l'individu et la viabilité de la population. La dégradation d'un habitat peut conduire à une perte d'utilisation de cet habitat.



(a) Voigt (2021) *Conservation Science and Practice*; Velilla et al. (2021) *Oikos*.

(b) Larsen and Guillemette (2007). *Journal of Applied Ecology*; Taubmann et al. (2021) *Wildlife Biology*.

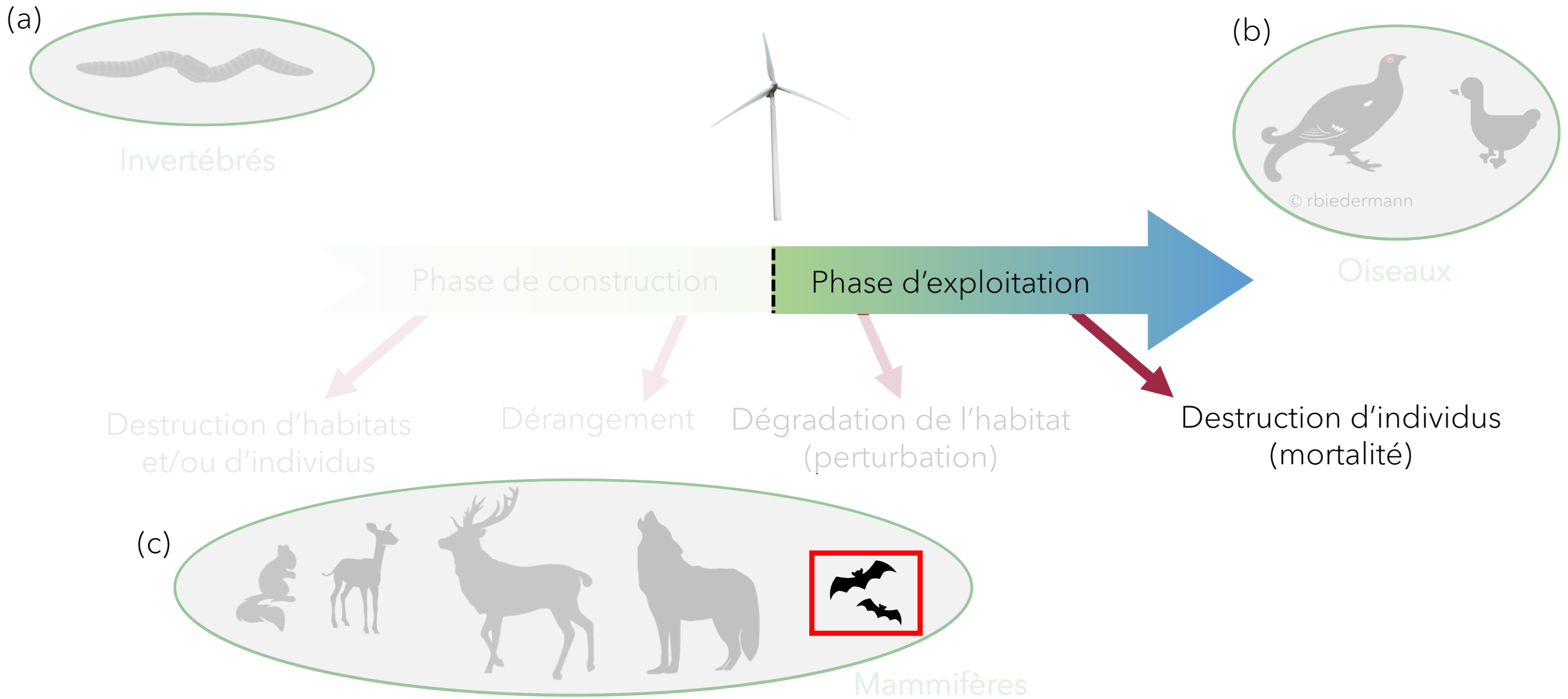
(c) Rabin et al. (2006). *Biological Conservation*; Klich et al. (2020). *Ecological indicators*; Christian et al. (2019). *Landscape Ecology*; Da Costa et al. (2017) *Biodiversity and Wind Farms in Portugal*. Springer, Cham.; Barré et al. (2019) *Biological conservation*.



(a) Voigt (2021) *Conservation Science and Practice*; Velilla et al. (2021) *Oikos*.

(b) Larsen and Guillemette (2007). *Journal of Applied Ecology*; Taubmann et al. (2021) *Wildlife Biology*.

(c) Rabin et al. (2006). *Biological Conservation*; Klich et al. (2020). *Ecological indicators*; Christian et al. (2019). *Landscape Ecology*; Da Costa et al. (2017) *Biodiversity and Wind Farms in Portugal*. Springer, Cham.; Barré et al. (2019) *Biological conservation*.



(a) Voigt (2021) *Conservation Science and Practice*; Velilla et al. (2021) *Oikos*.

(b) Larsen and Guillemette (2007). *Journal of Applied Ecology*.; Taubmann et al. (2021) *Wildlife Biology*.

(c) Rabin et al. (2006). *Biological Conservation*.; Klich et al. (2020). *Ecological indicators*.; Christian et al. (2019). *Landscape Ecology*.; Da Costa et al. (2017) *Biodiversity and Wind Farms in Portugal*. Springer, Cham.; Barré et al. (2019) *Biological conservation*.



Paul Cryan, USGS

*Lasiurus cinereus*

Pour une population de 2,5 millions de chiroptères et un taux de croissance de la population de 1,01 : 90% de déclin en 50 ans^(b).

^(a)Rapport d'évaluation de la Liste rouge des espèces menacées en France (IUCN France et al., 2017)

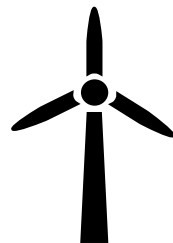
^(b)Frick et al. (2017). Biological conservation.



Paul Cryan, USGS

*Lasiurus cinereus*

Pour une population de 2,5 millions de chiroptères et un taux de croissance de la population de 1,01 : 90% de déclin en 50 ans^(b).



=

Top 5 des menaces pesant sur les chiroptères^(a).

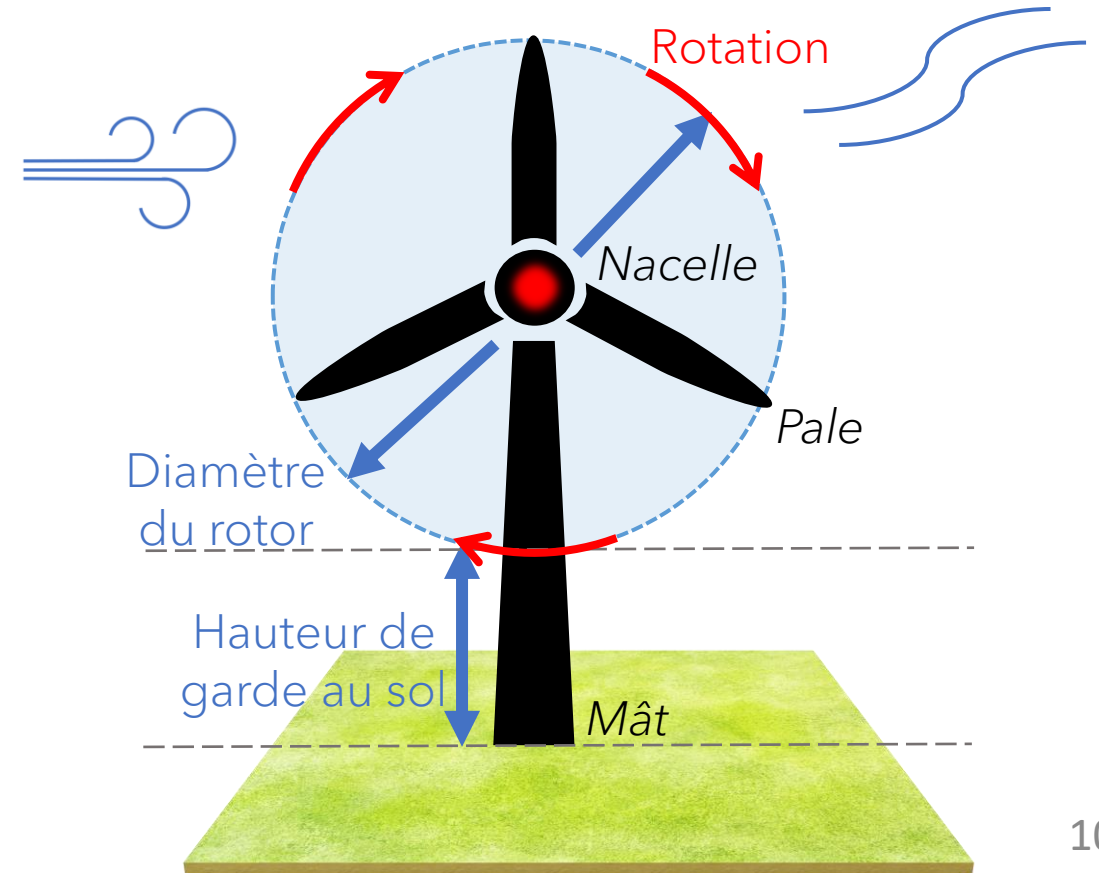
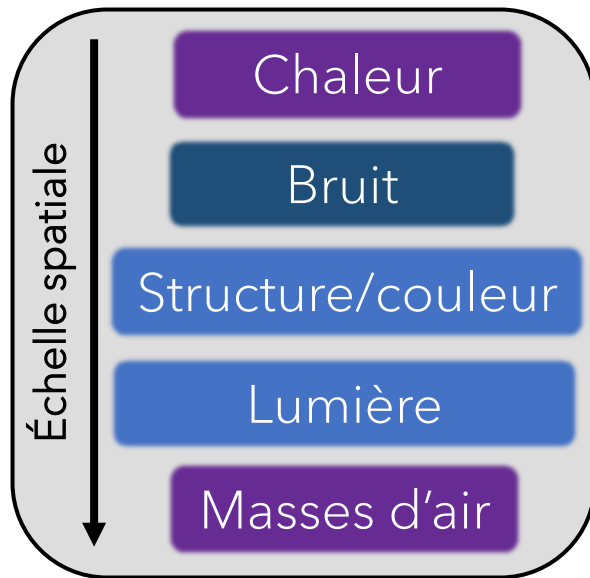


Fort déclin des populations de *Nyctalus* spp. et de *Pipistrellus nathusii* prédit dans les prochaines années dû à l'éolien (de l'ordre de 30% en 10/12 ans pour *Nyctalus* spp.).

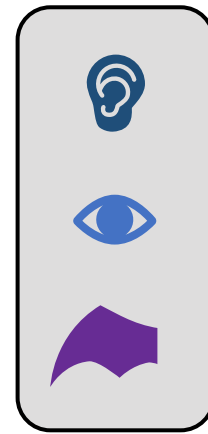
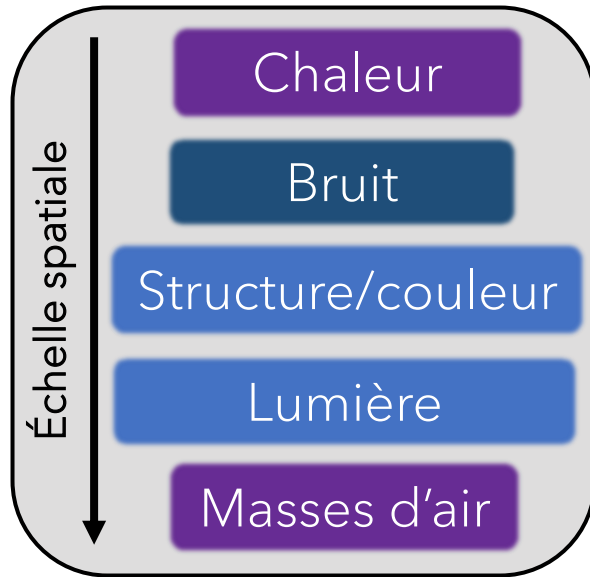
^(a)Rapport d'évaluation de la Liste rouge des espèces menacées en France (IUCN France et al., 2017)

^(b)Frick et al. (2017). Biological conservation.

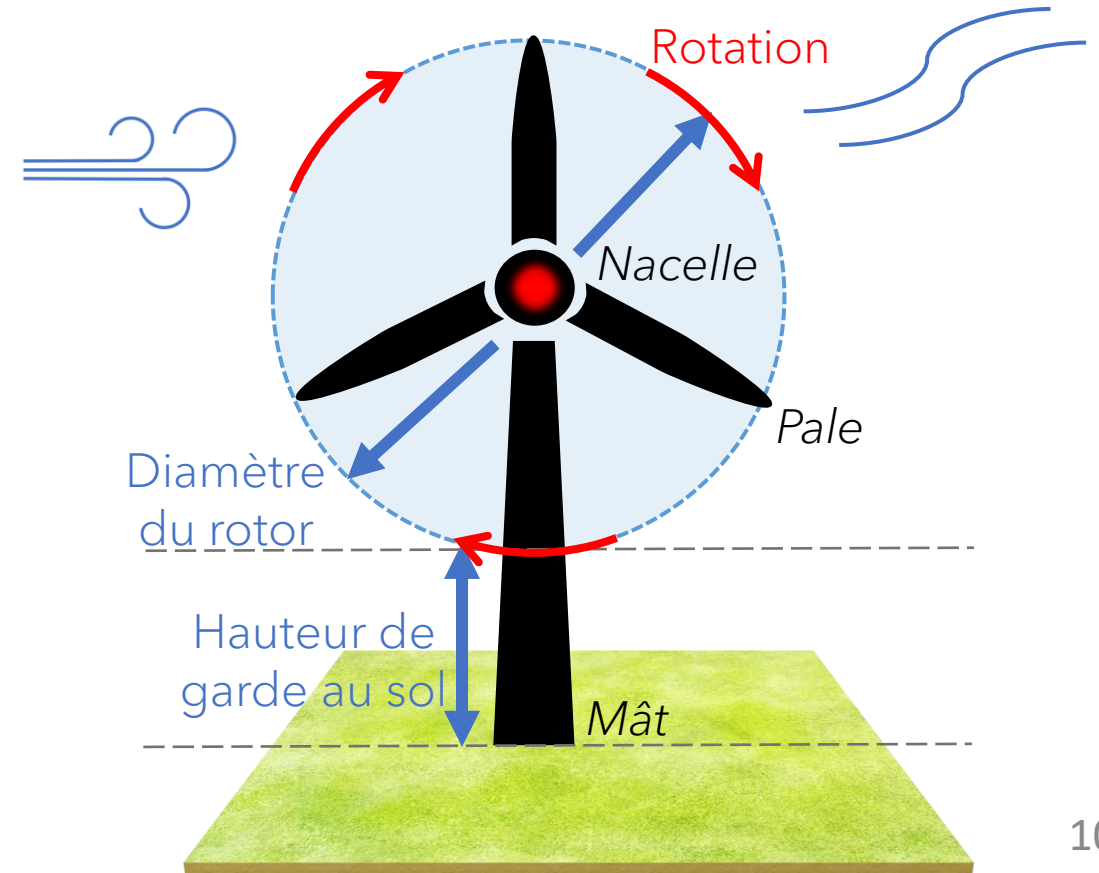
Perturbations (mécanismes)

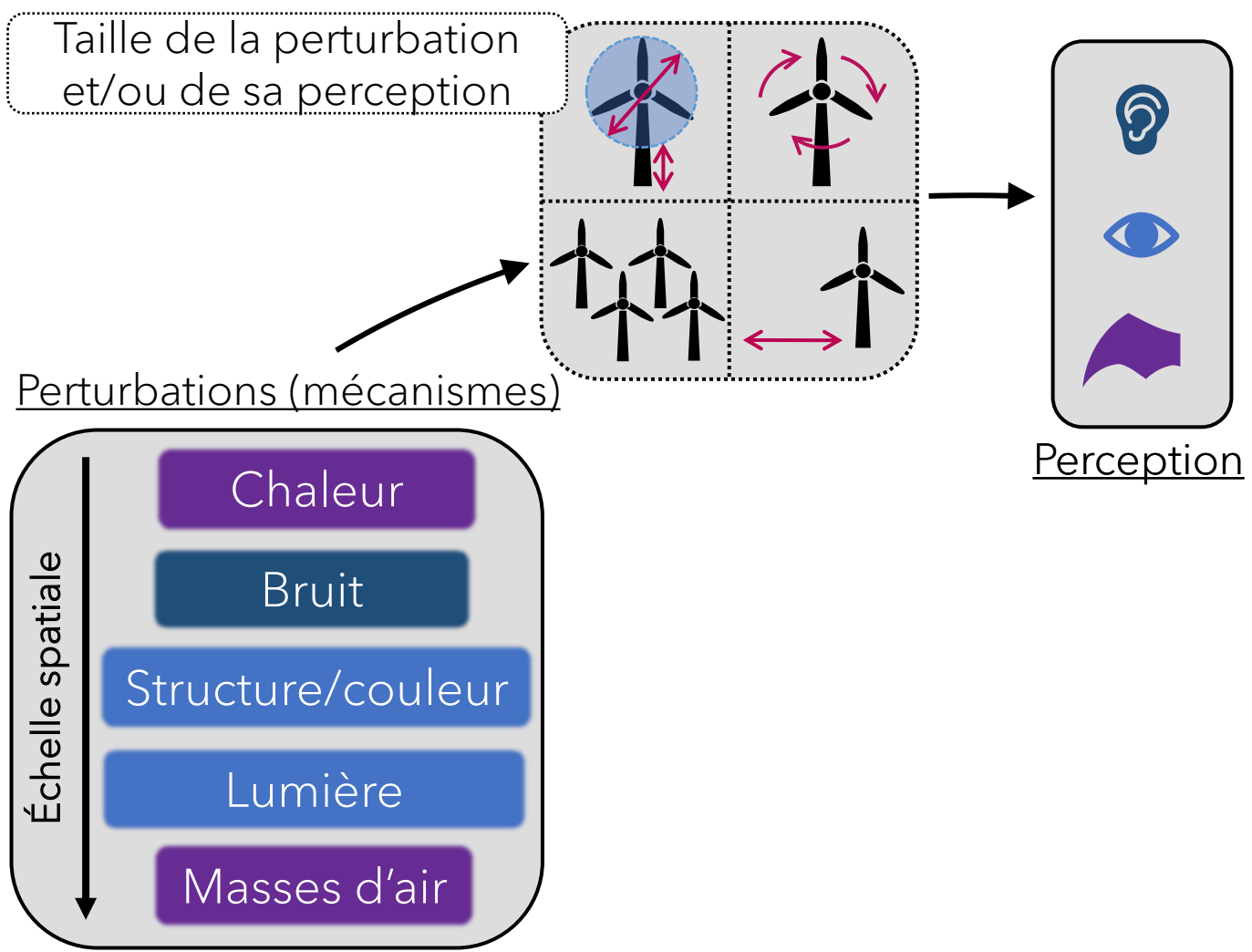


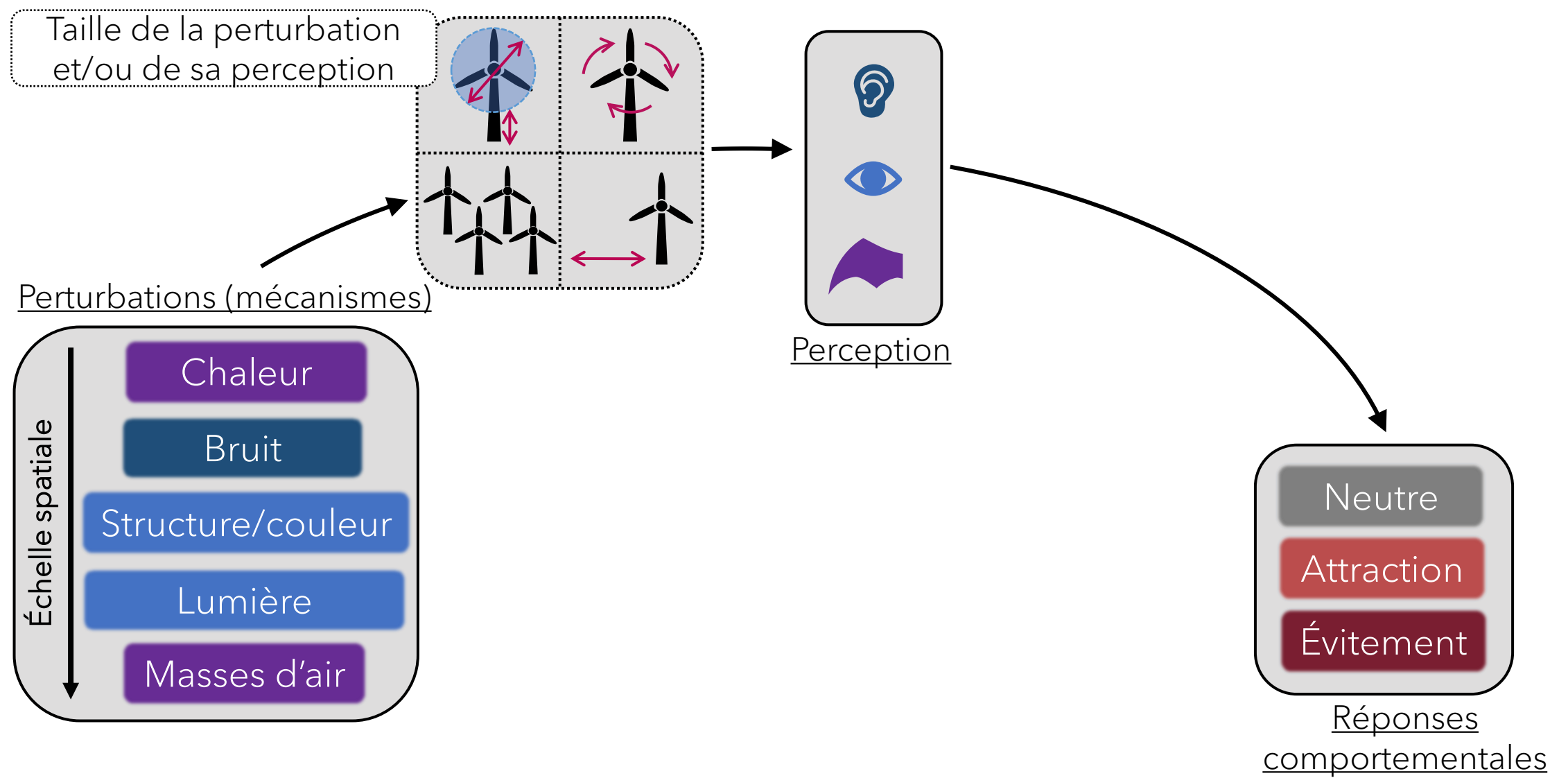
Perturbations (mécanismes)

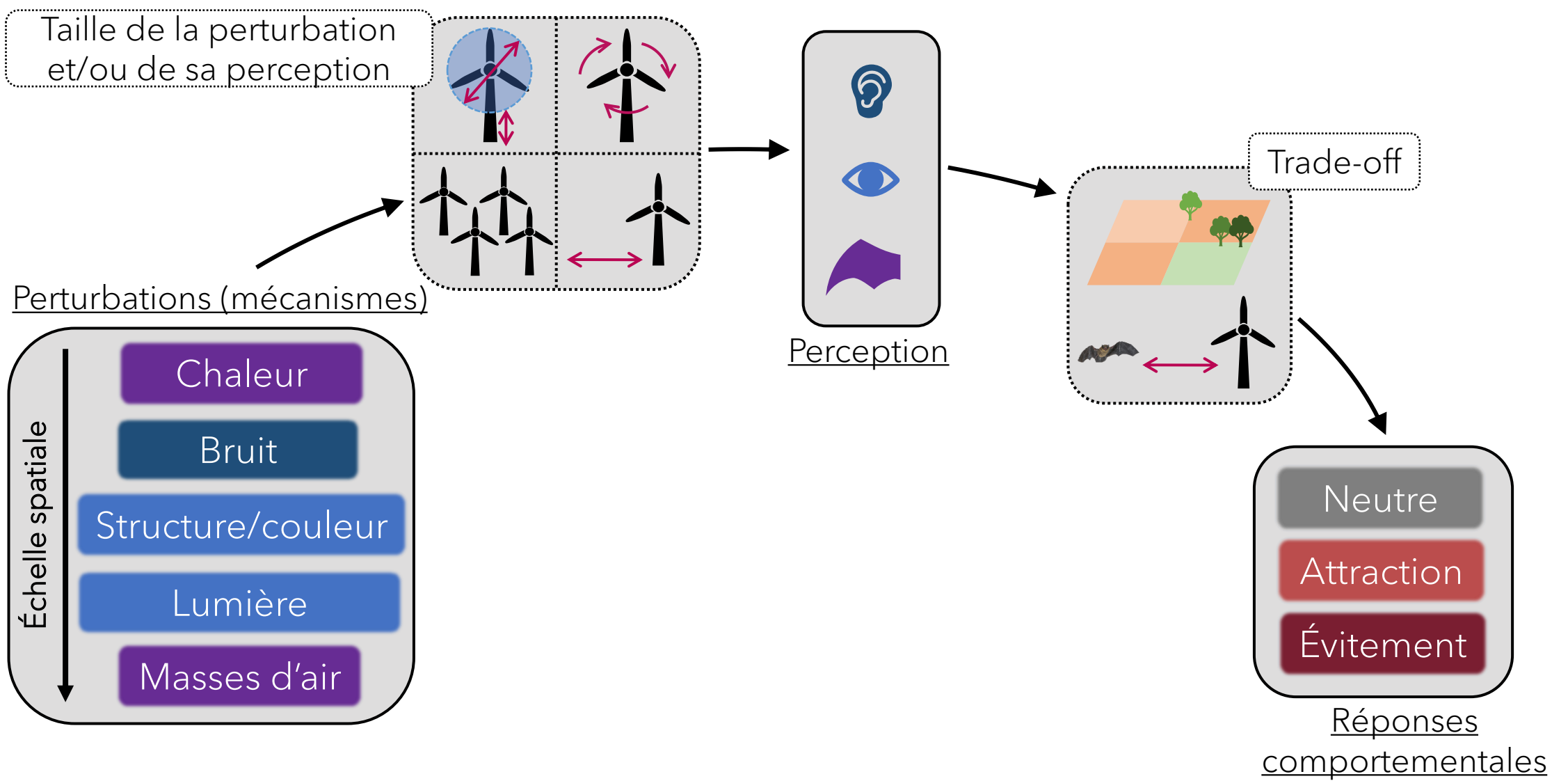


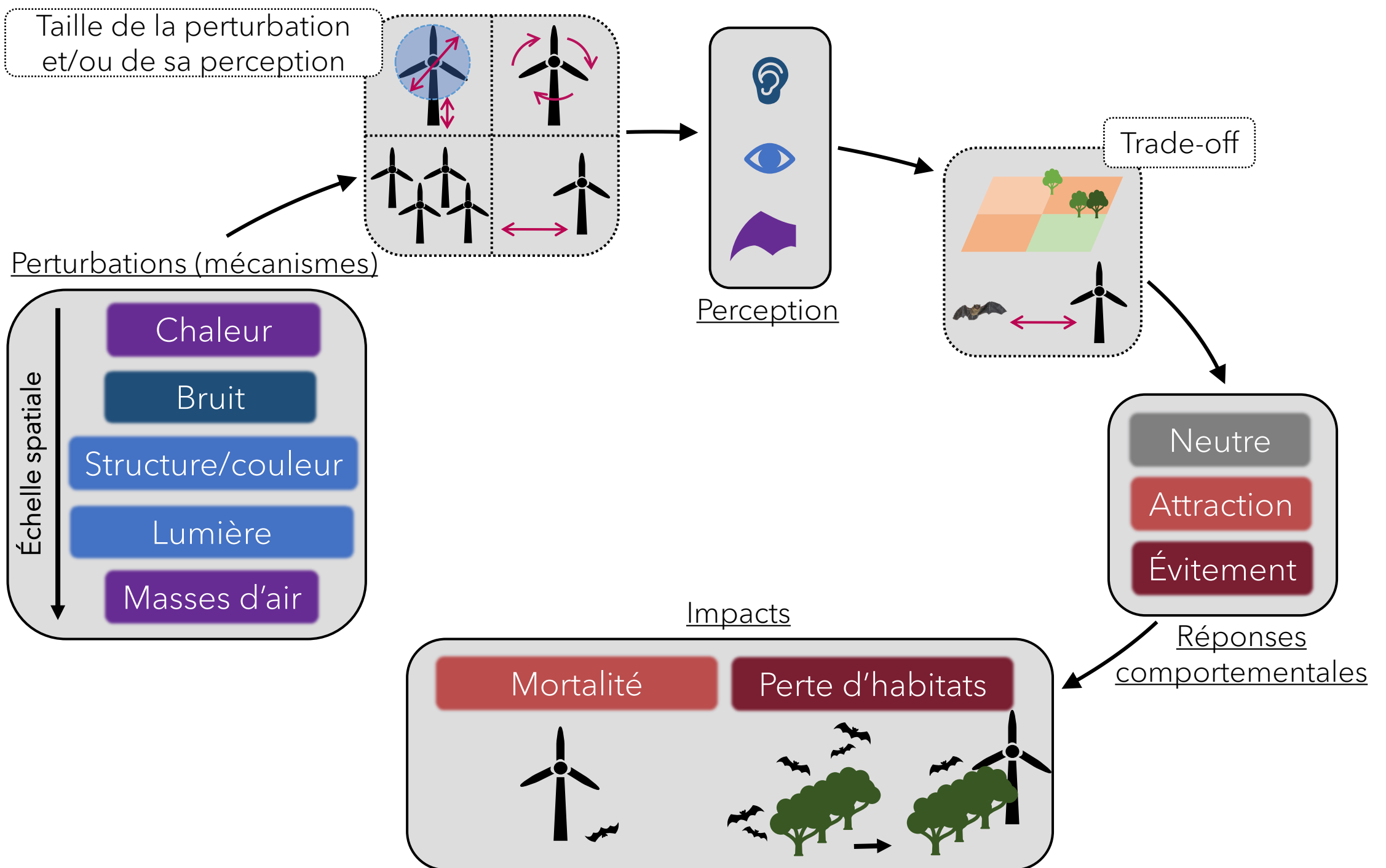
Perception

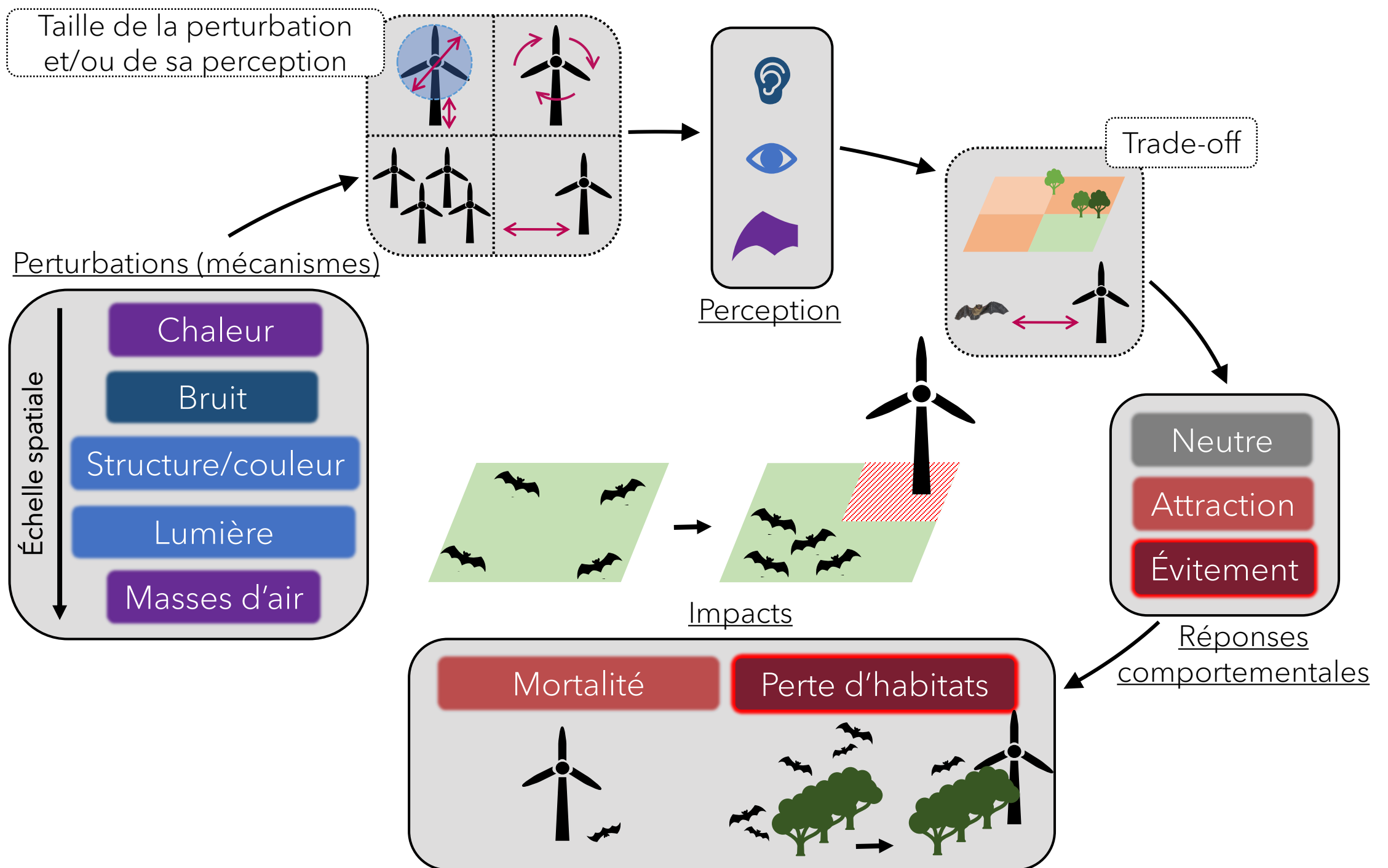


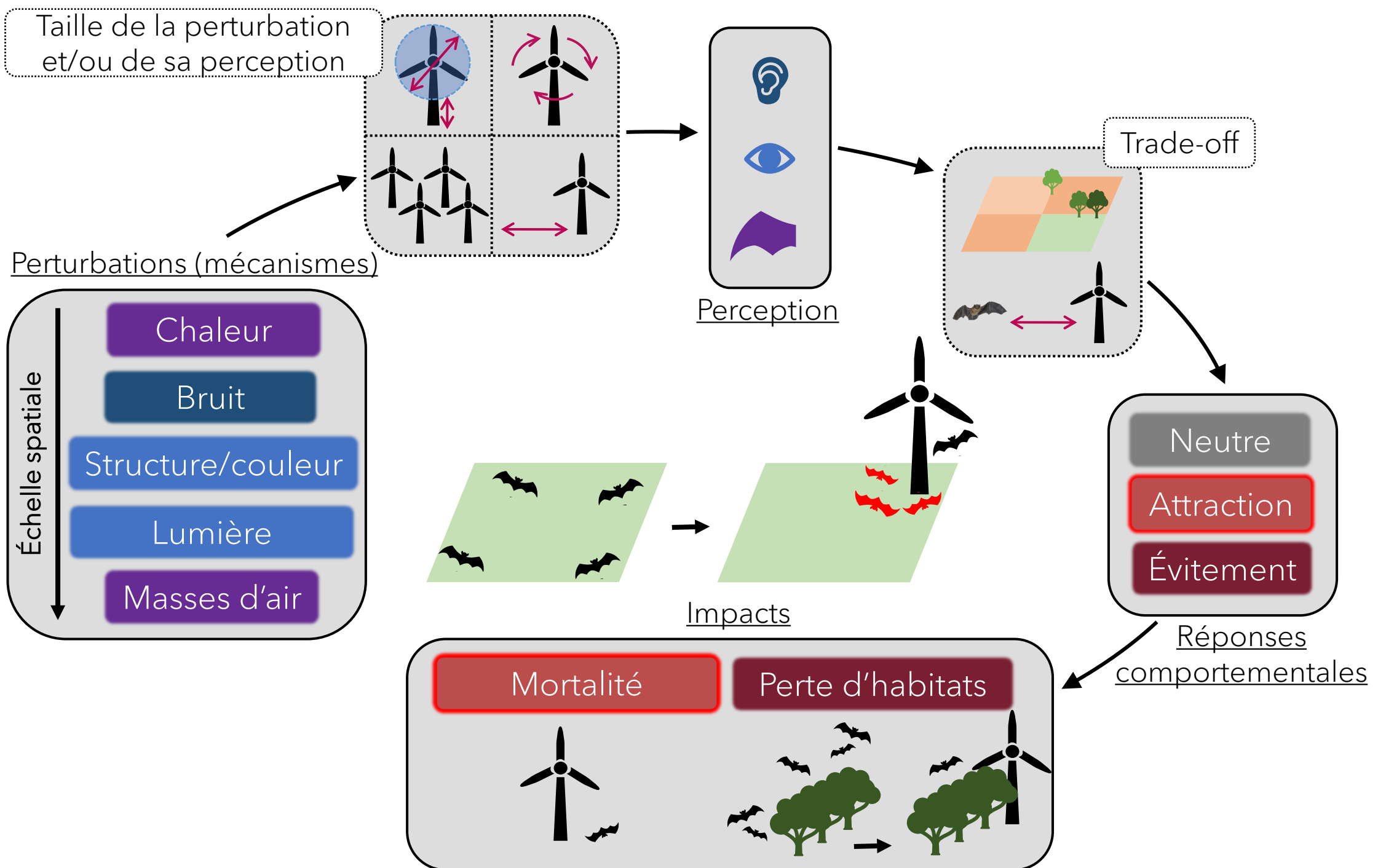


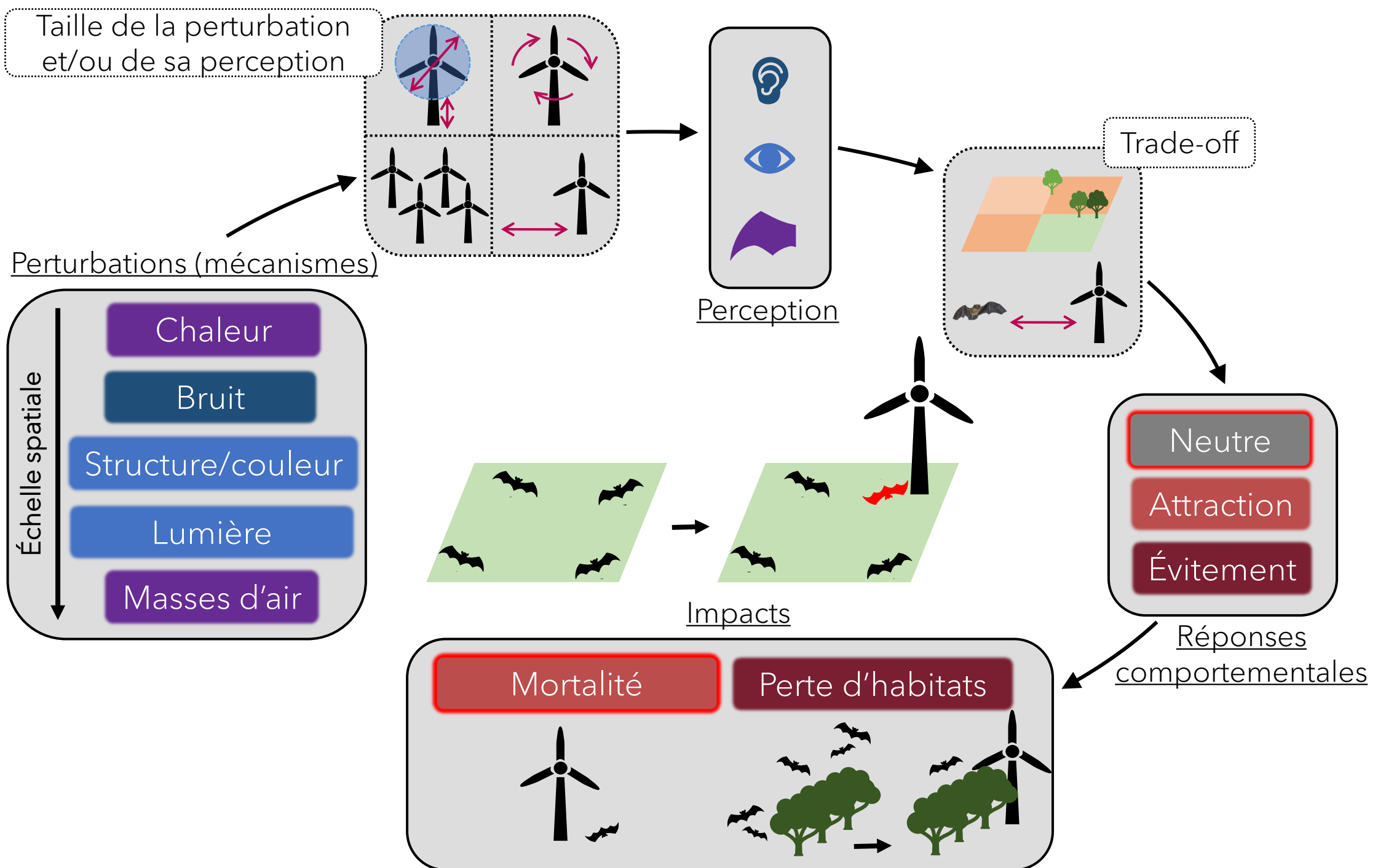


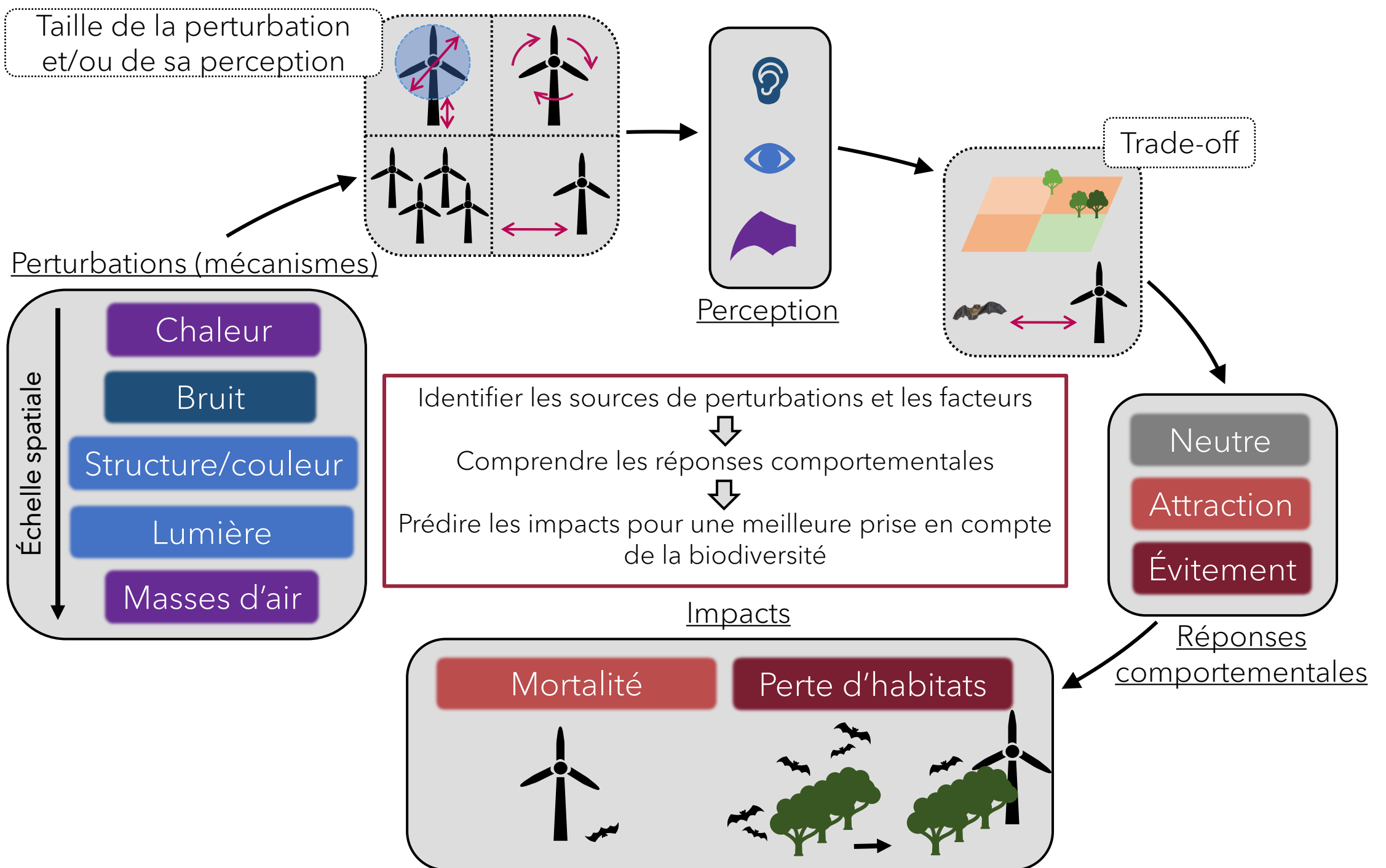


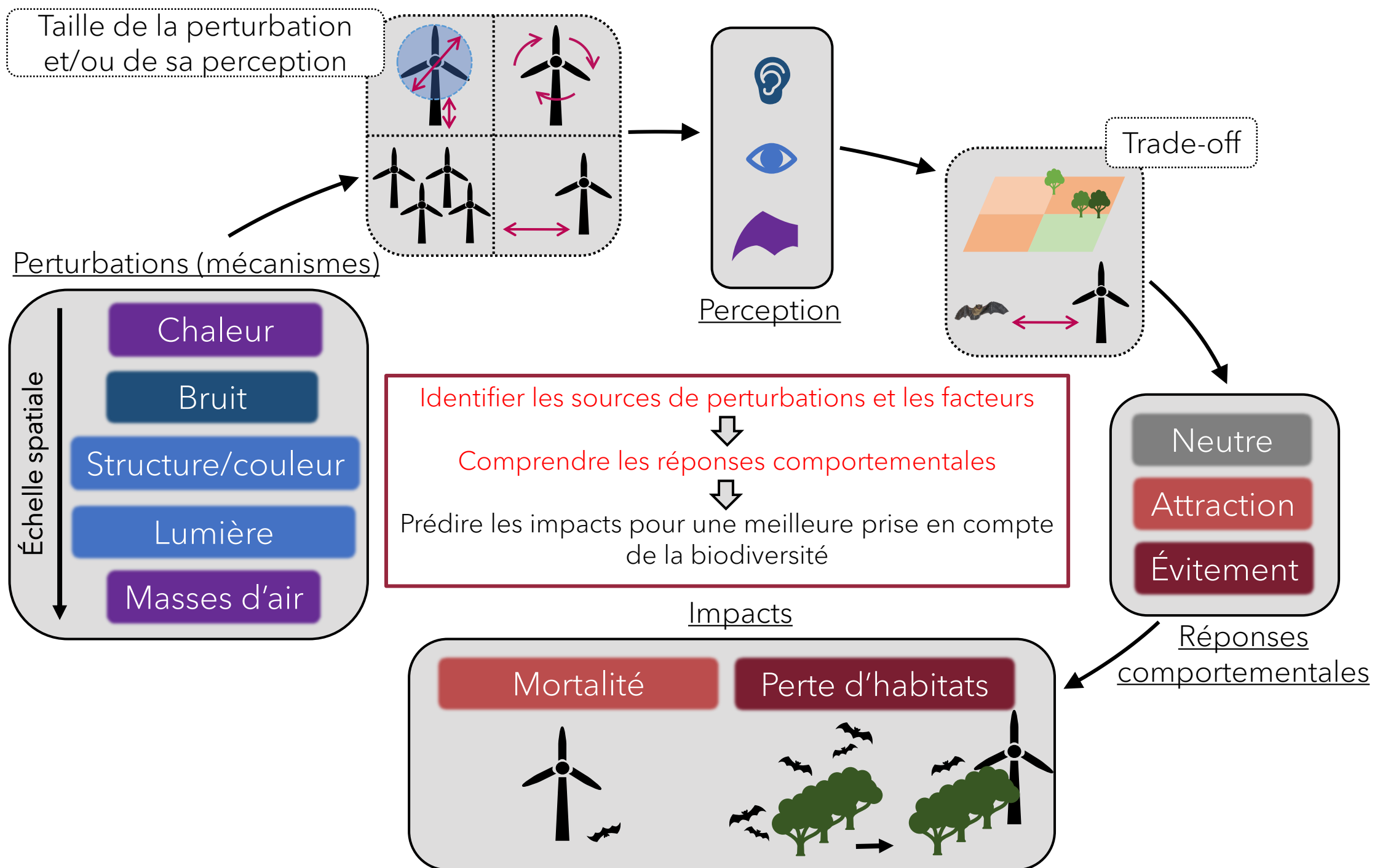




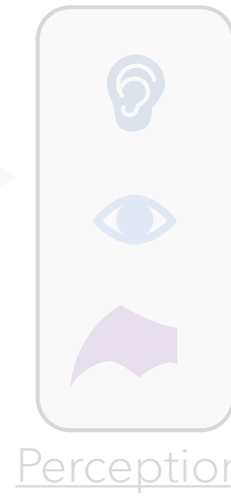
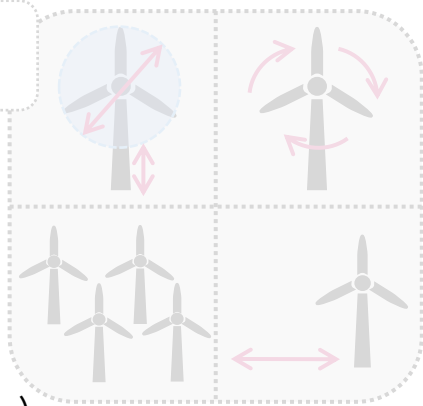








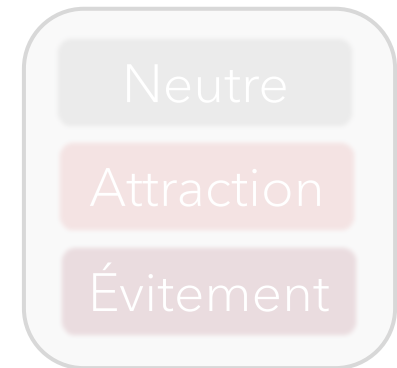
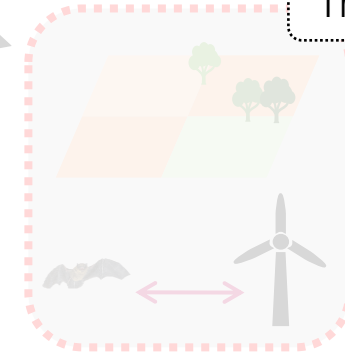
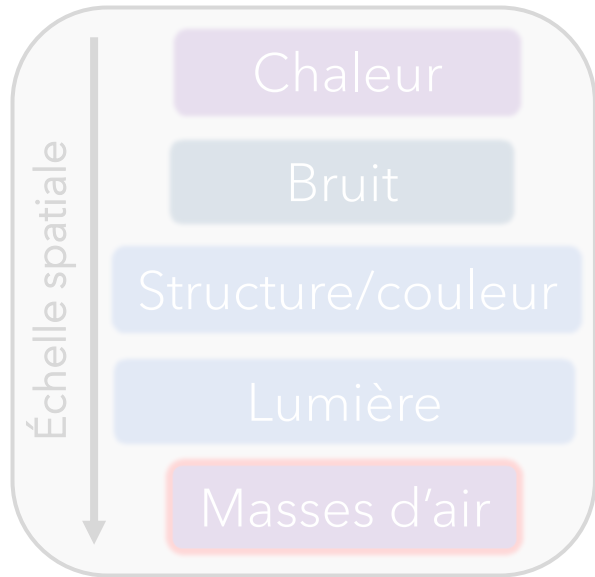
Taille de la perturbation
et/ou de sa perception



Perception

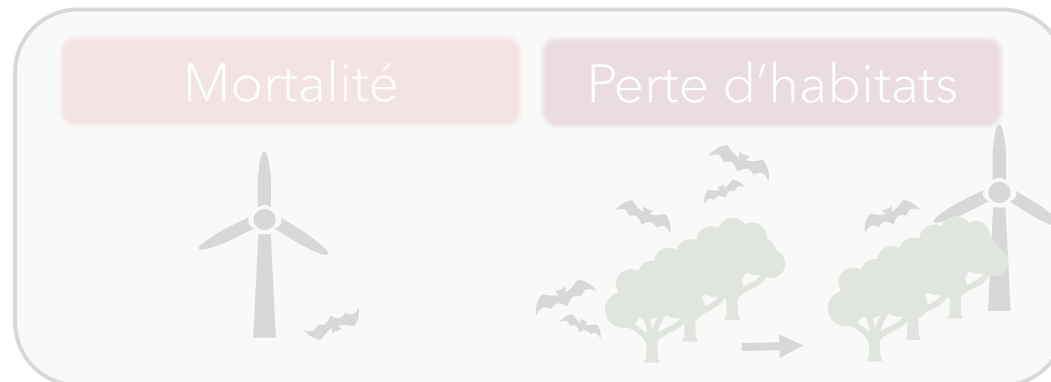
Trade-off

Perturbations (mécanismes)



Réponses
comportementales

Impacts



Attraction



Attraction

Horn et al. 2008

Cryan et al. 2014

Millon et al. 2015

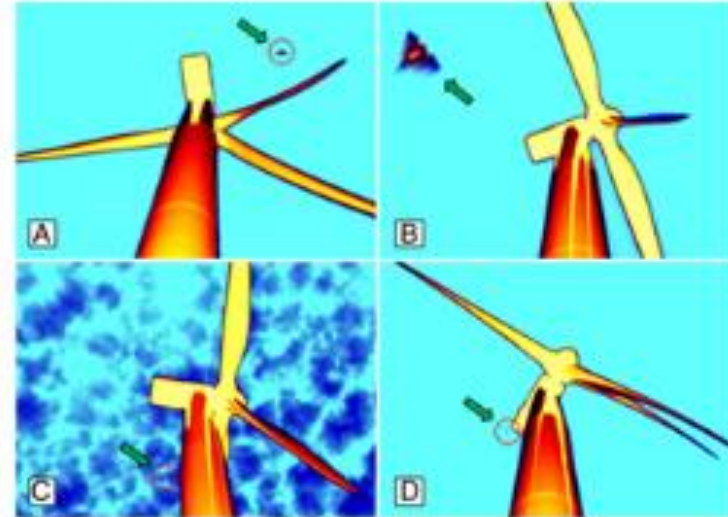
Roeleke et al. 2016

Leroux et al. 2022

Ellerbrok et al. 2022

Gaultier et al. 2023

Reusch et al. 2023



Cryan et al. (2014). *PNAS*.



Attraction

Horn et al. 2008

Cryan et al. 2014

Millon et al. 2015

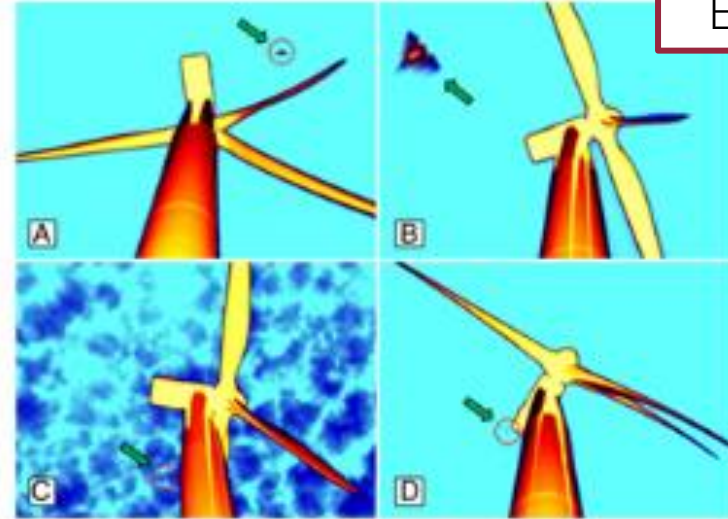
Roeleke et al. 2016

Leroux et al. 2022

Ellerbrok et al. 2022

Gaultier et al. 2023

Reusch et al. 2023



Echelle très locale

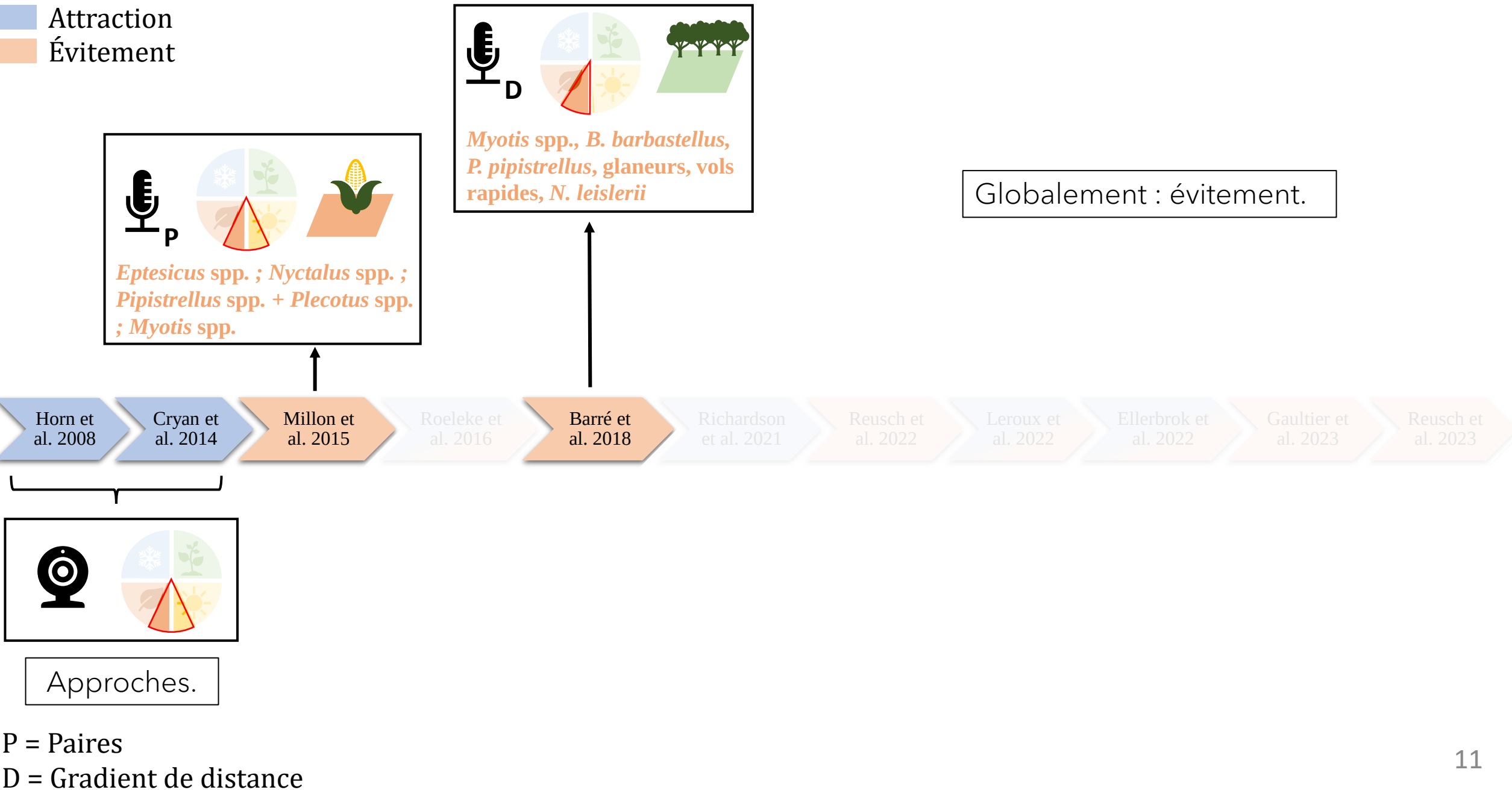
Cryan et al. (2014). *PNAS*.



Approches.

Attraction

Évitement



Attraction
Évitement


Eptesicus spp. ; *Nyctalus* spp. ;
Pipistrellus spp. + *Plecotus* spp.
; *Myotis* spp.


Myotis spp., *B. barbastellus*,
P. pipistrellus, glaneurs, vols
rapides, *N. leislerii*

Globalement : évitement.




Approches.

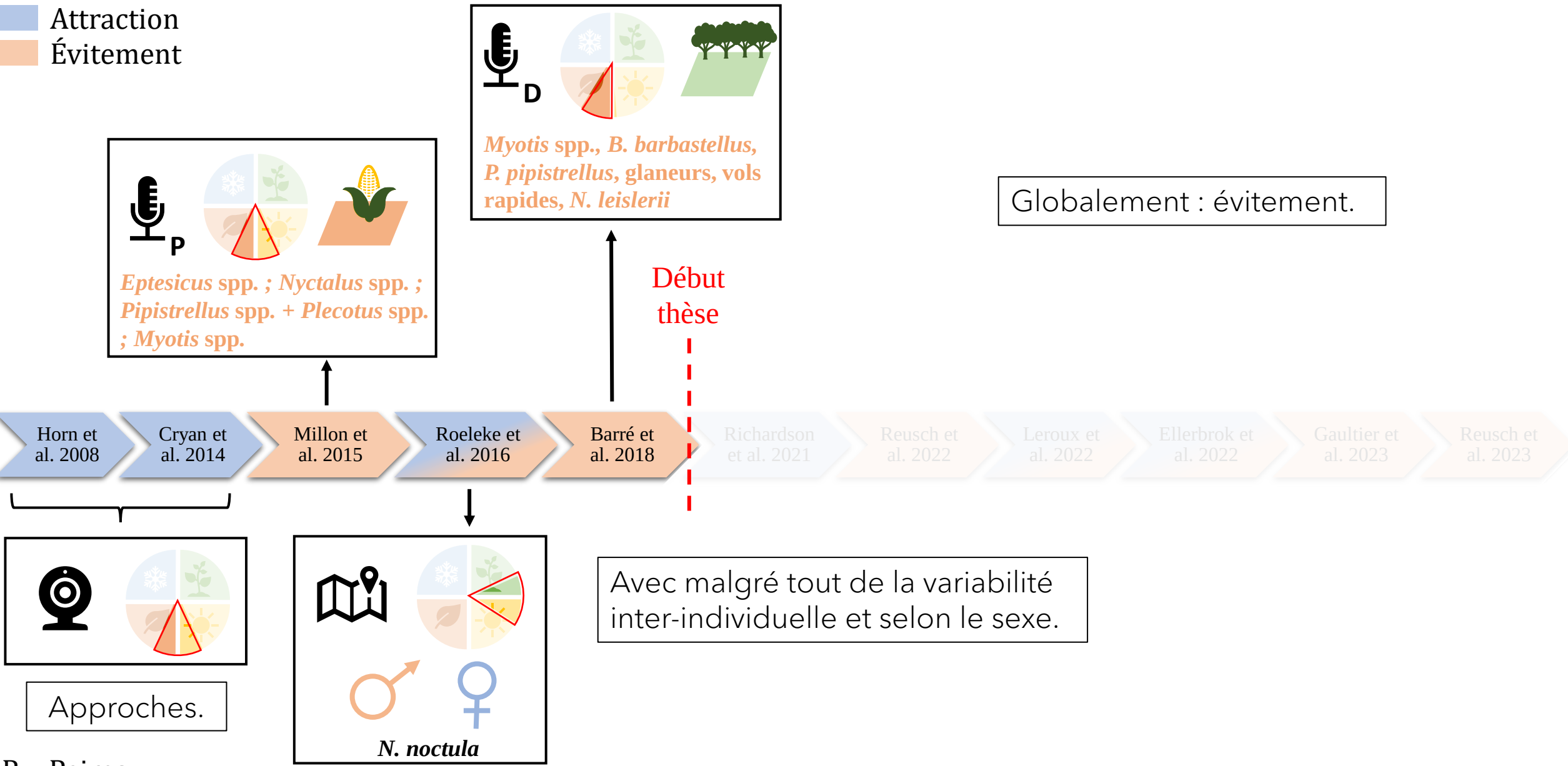

N. noctula

Avec malgré tout de la variabilité
inter-individuelle et selon le sexe.

P = Paires
D = Gradient de distance

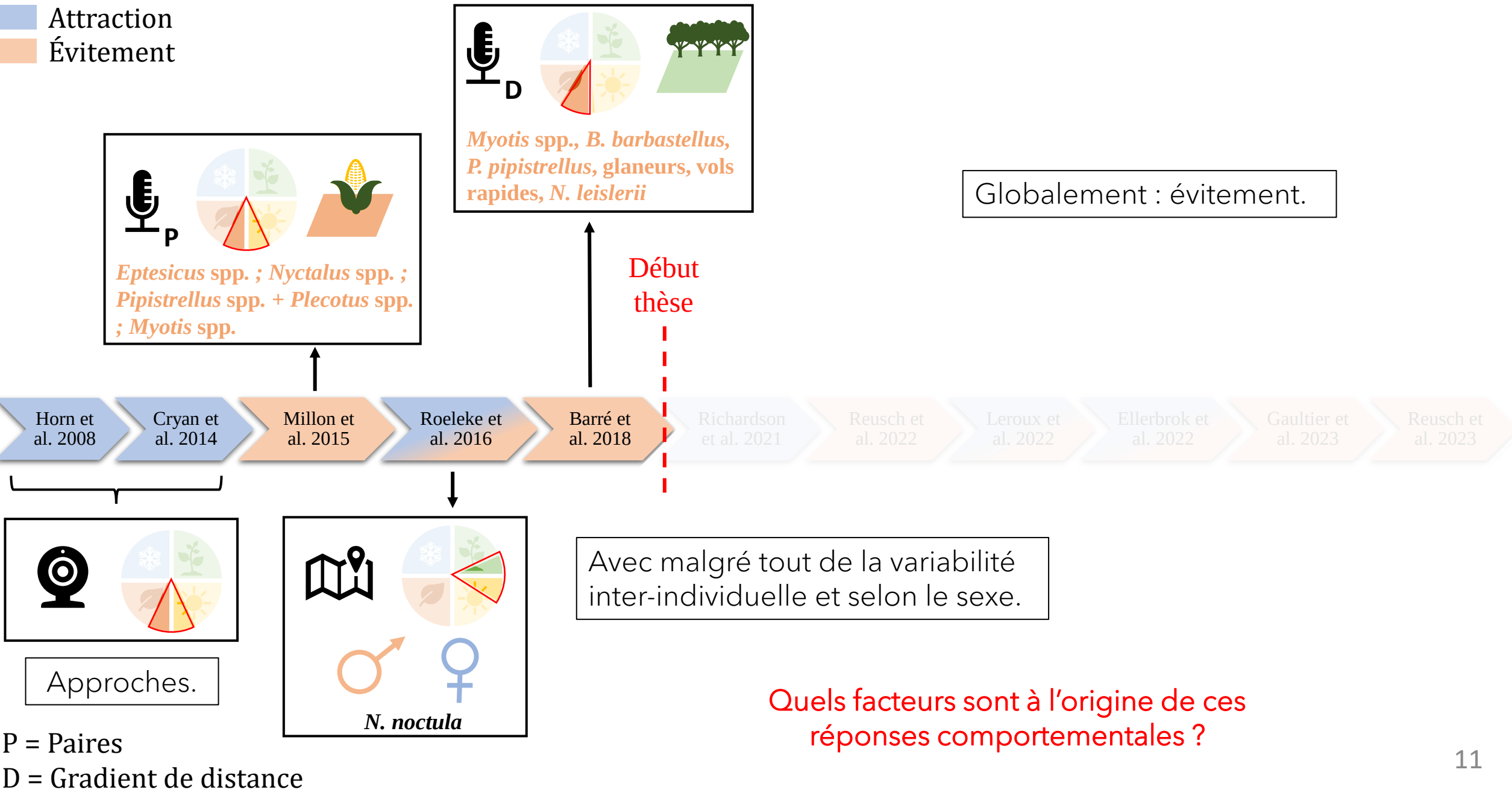
Attraction

Évitement

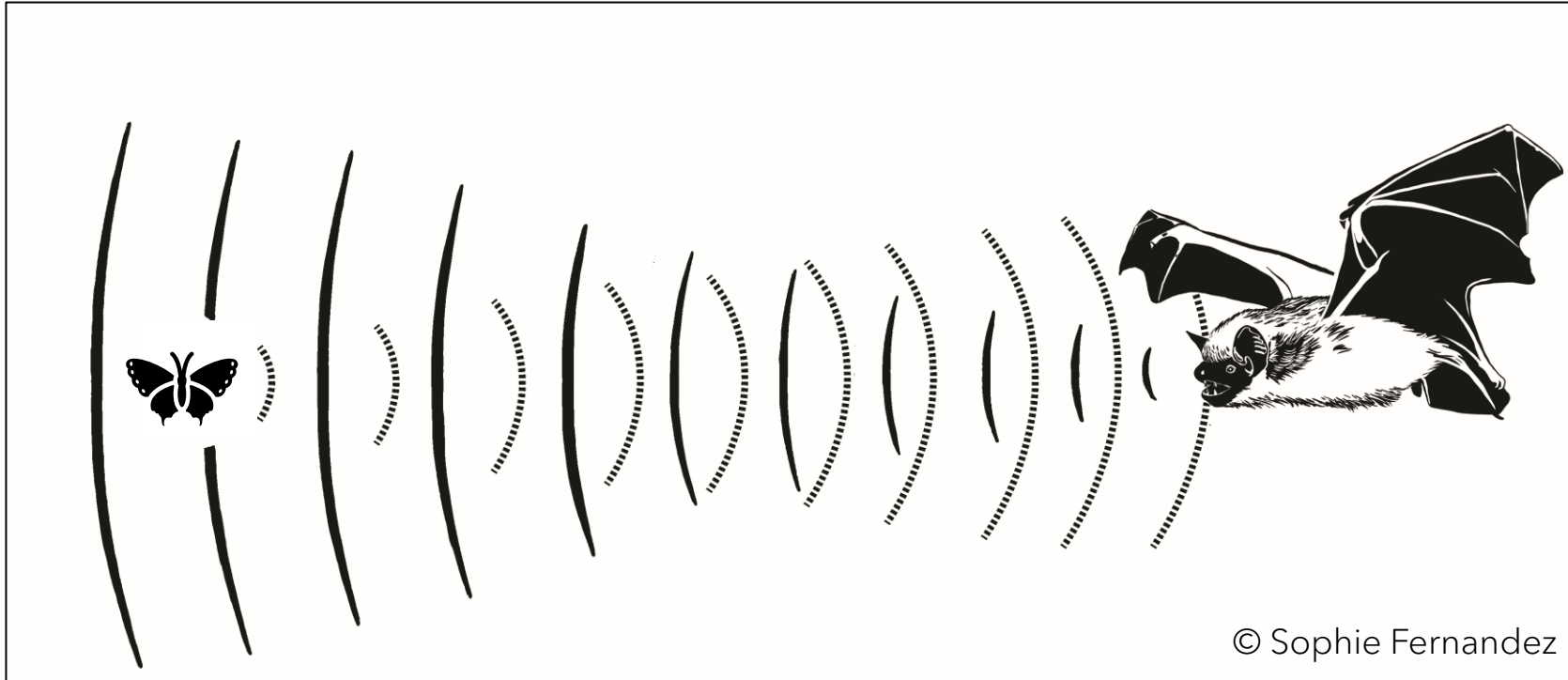


P = Paires
D = Gradient de distance

Attraction
Évitement



P = Paires
D = Gradient de distance



© Sophie Fernandez



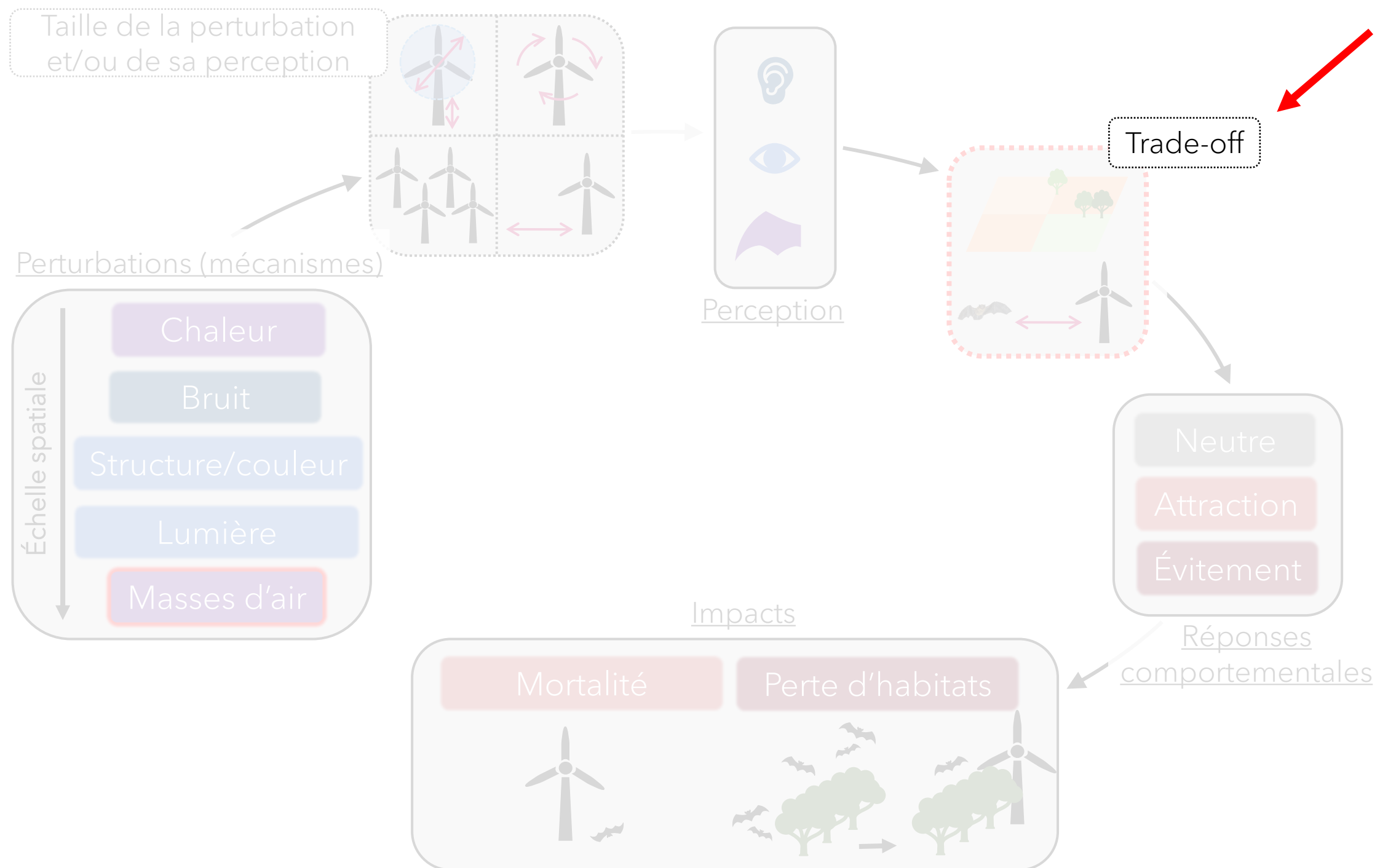
SM4BAT-FS

Σ contacts

→ = un ou plusieurs cris d'écholocation
dans un intervalle de 5 sec. / nuit

= **Activité**

→ Métrique d'utilisation
de l'habitat



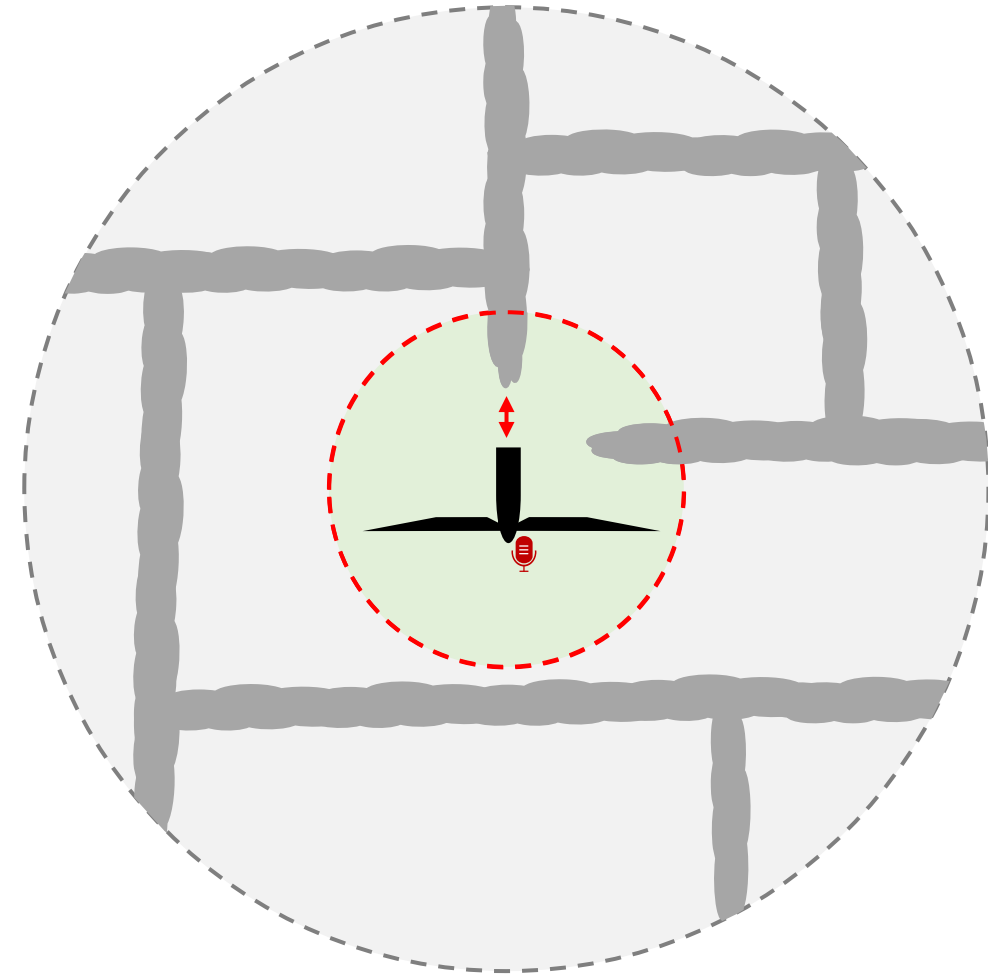
CHAPITRE 1

L'habitat est-il un facteur déterminant dans la réponse des chiroptères aux éoliennes au niveau du site d'implantation ?
Implications pour la planification.

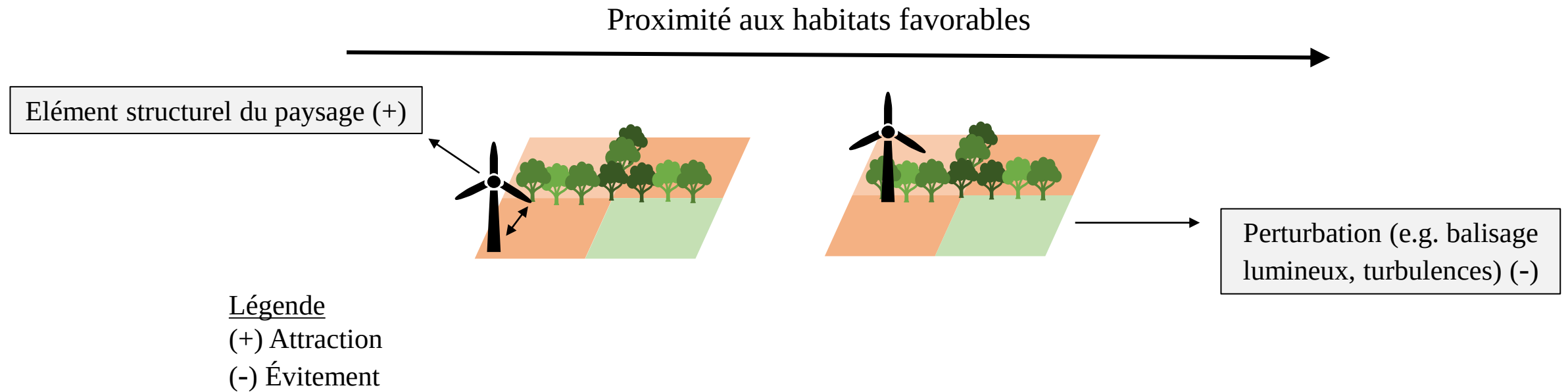


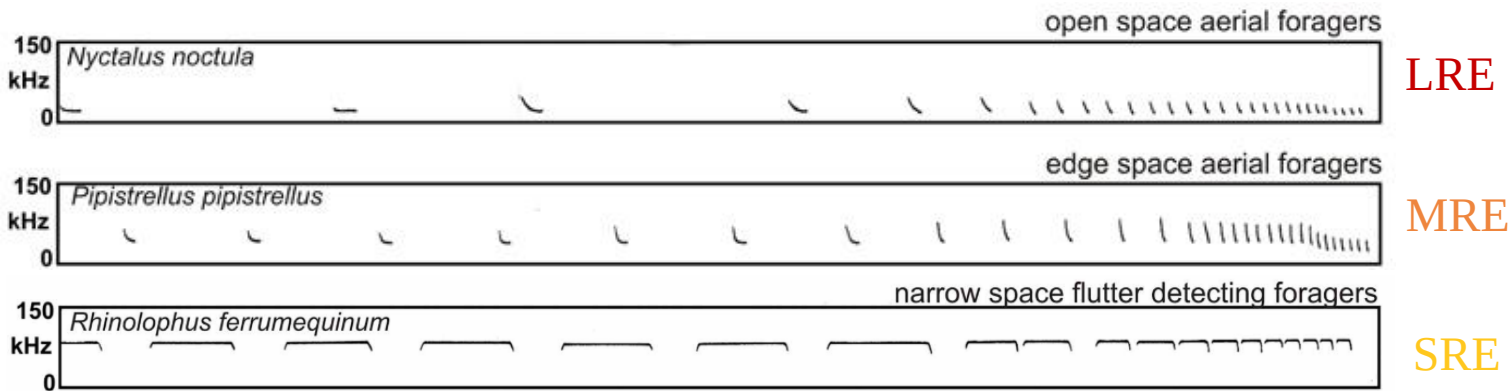
© C. Leroux

Leroux, C., Kerbiriou, C., Le Viol, I., Valet, N., & Barré, K. (2022). Distance to hedgerows drives local repulsion and attraction of wind turbines on bats: Implications for spatial siting. *Journal of Applied Ecology*, 59, 2142– 2153. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14227>



- ❖ Milieu ouvert
- ❖ Au pied de l'éolienne
- ❖ Selon la distance à la haie

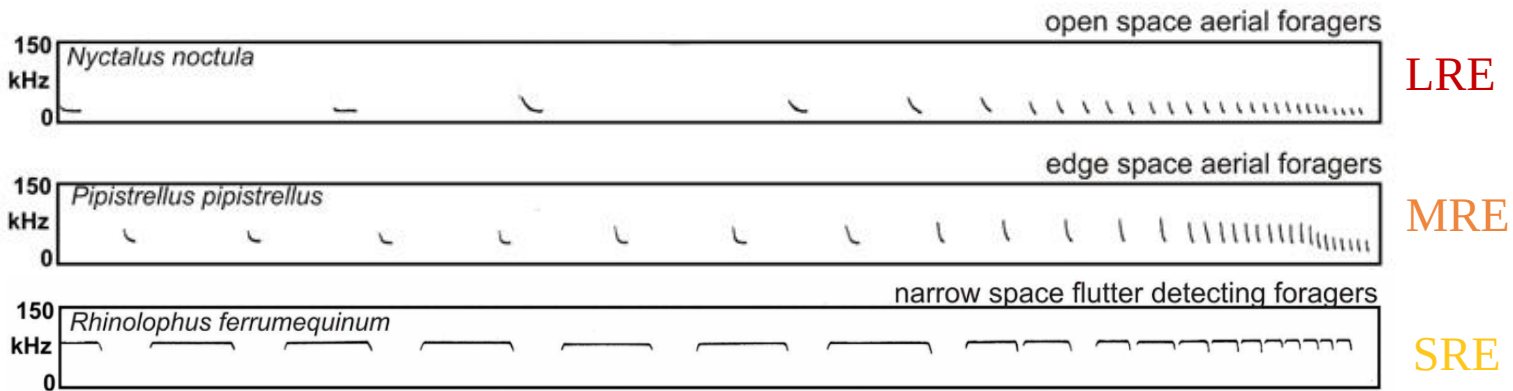




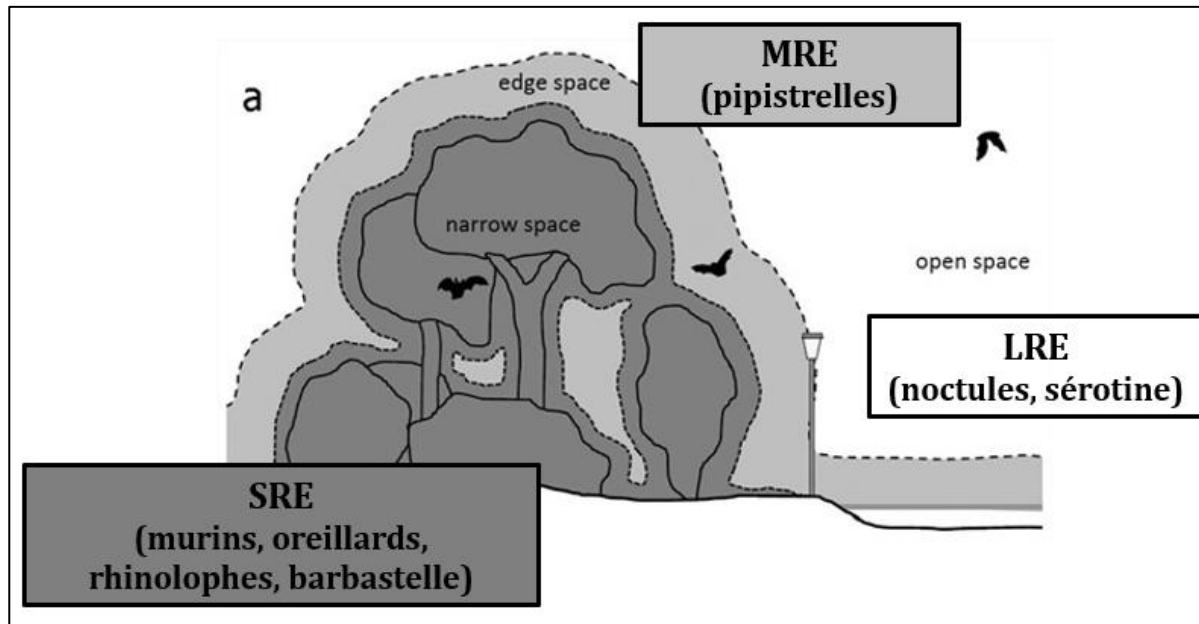
LRE = écholocateurs à longue portée

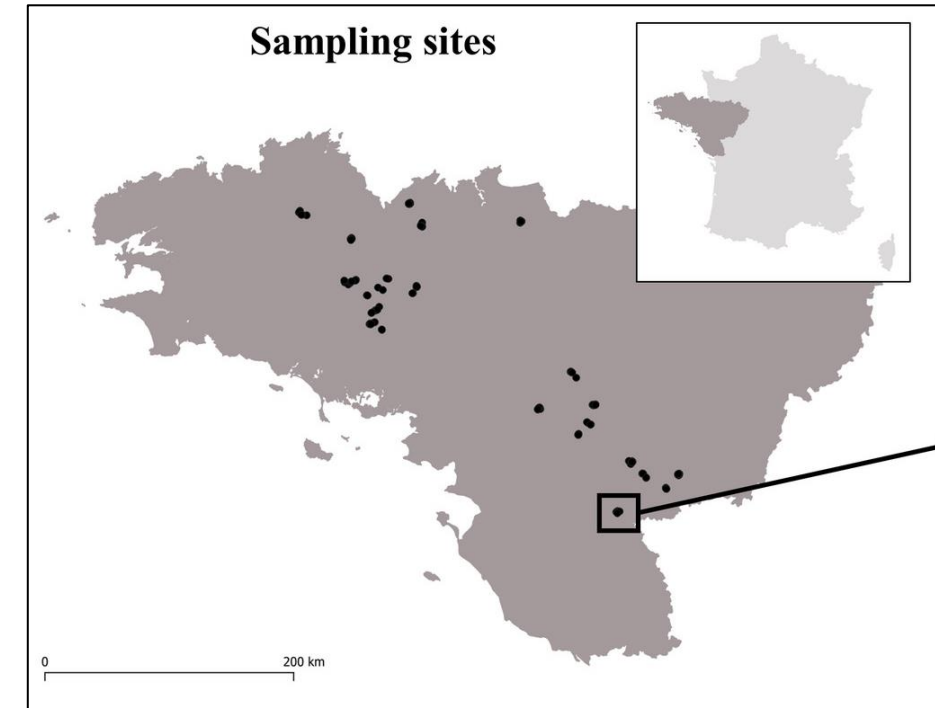
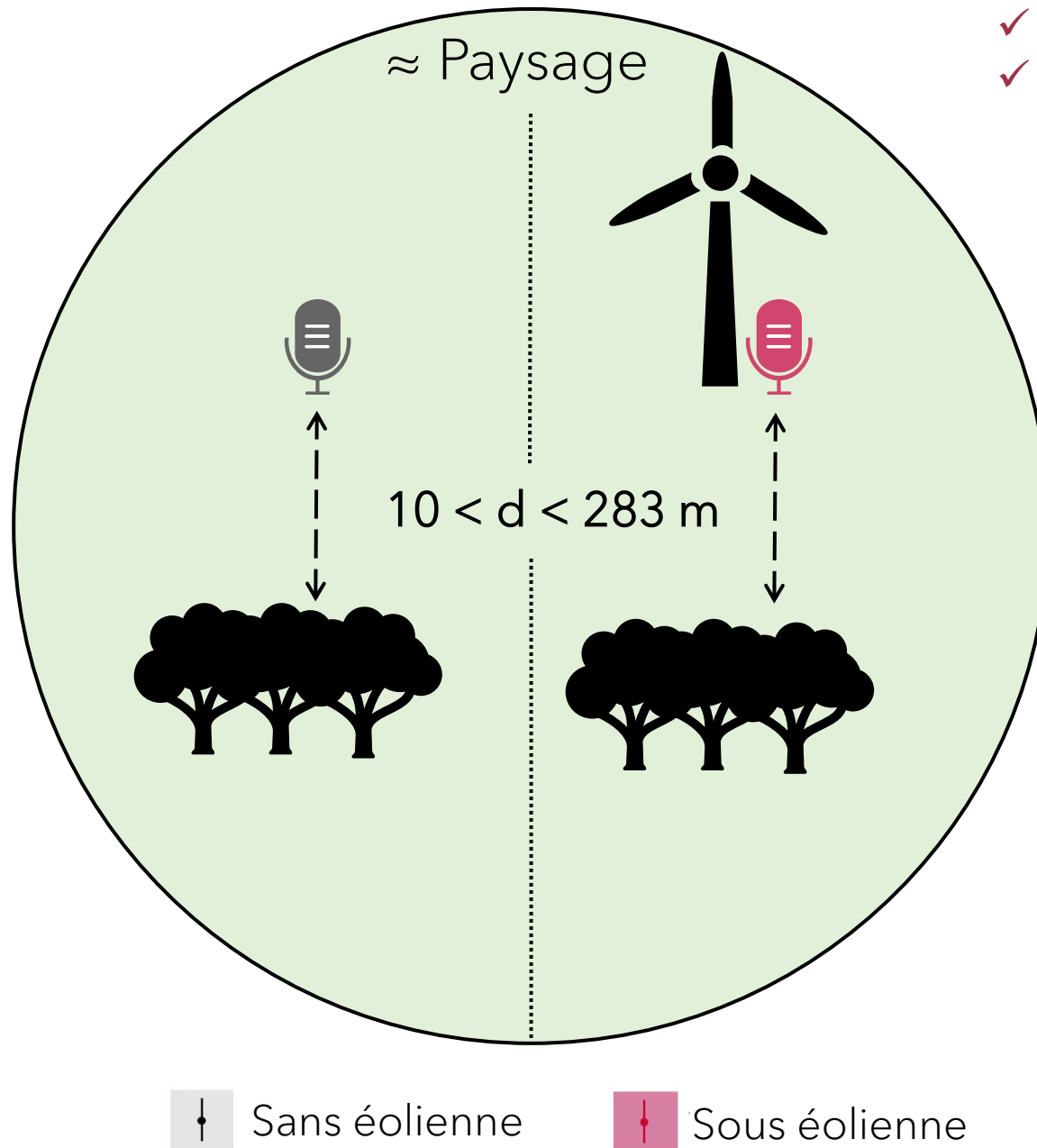
MRE = écholocateurs à moyenne portée

SRE = écholocateurs à courte portée

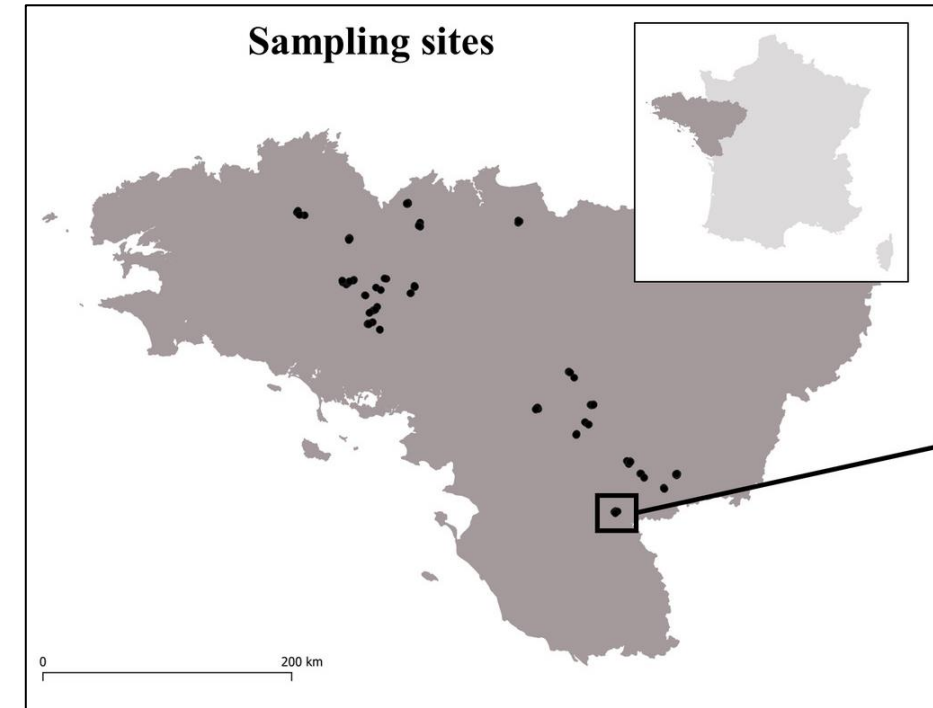
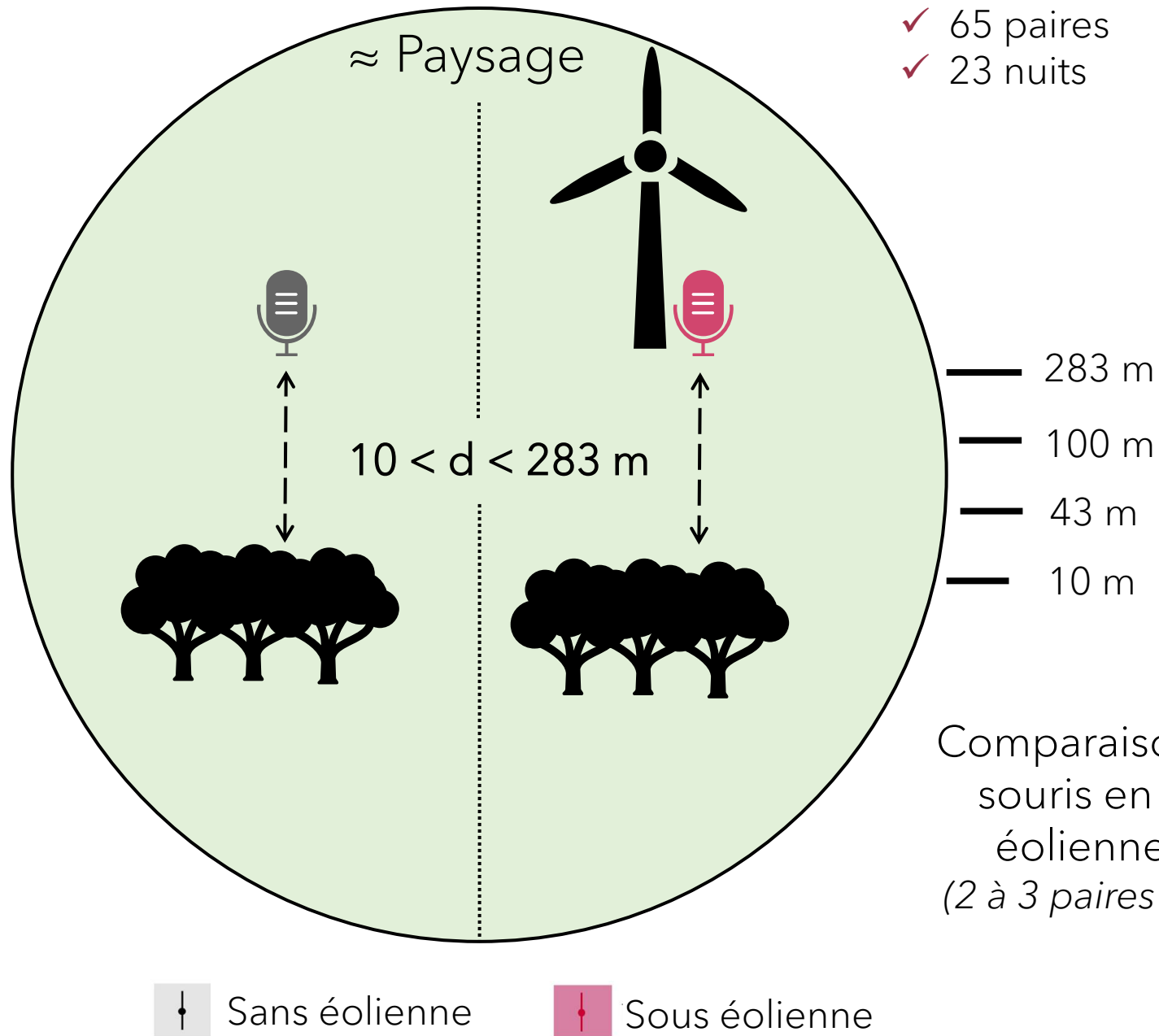


LRE = écholocateurs à longue portée
MRE = écholocateurs à moyenne portée
SRE = écholocateurs à courte portée



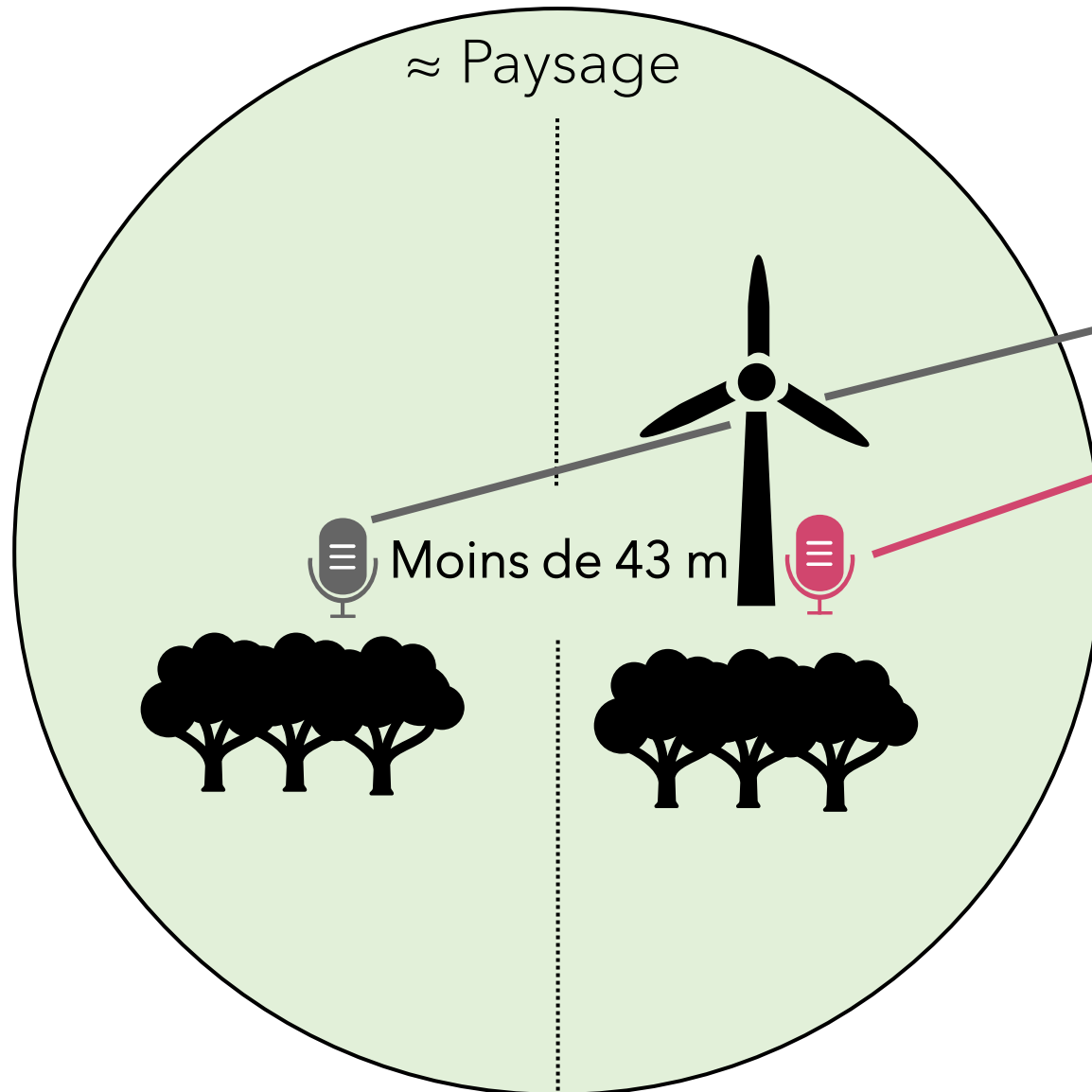


Comparaison des niveaux d'activité des chauves-souris en milieu ouvert sous éolienne et sans éolienne à différentes distances d'une haie (2 à 3 paires échantillonnées chaque nuit à différentes distances de la haie)

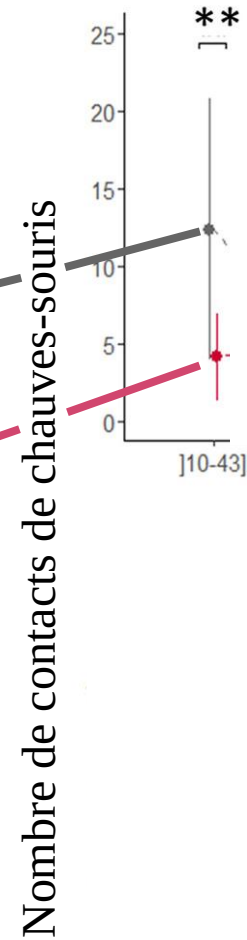


Comparaison des niveaux d'activité des chauves-souris en milieu ouvert sous éolienne et sans éolienne à différentes distances d'une haie (2 à 3 paires échantillonnées chaque nuit à différentes distances de la haie)

Configuration 1 : éolienne implantée à < 43 m d'une haie

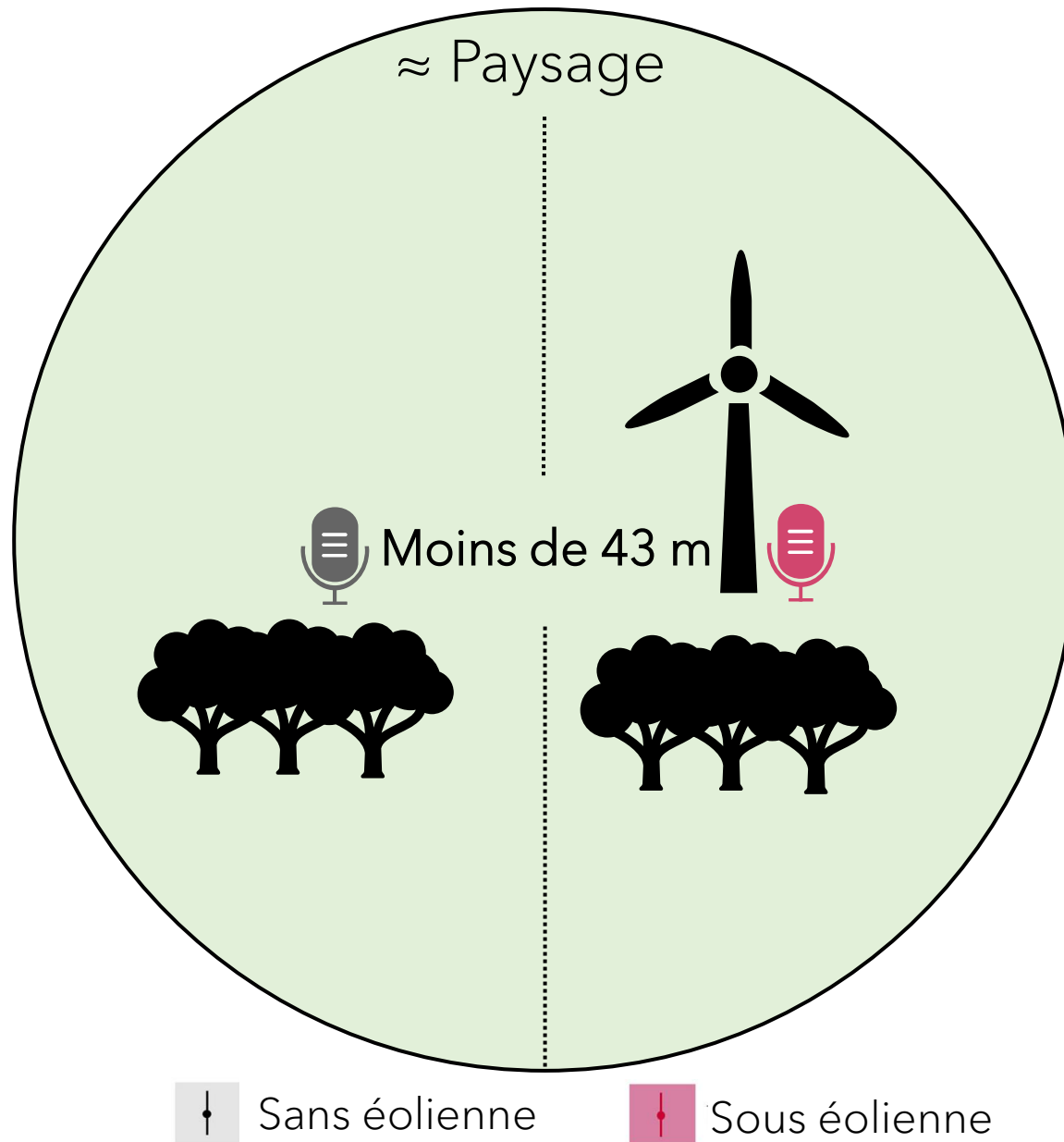


Short-range echolocators
(exemple : rhinolophes)

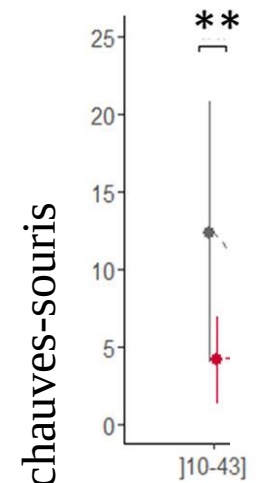


 Sans éolienne
  Sous éolienne

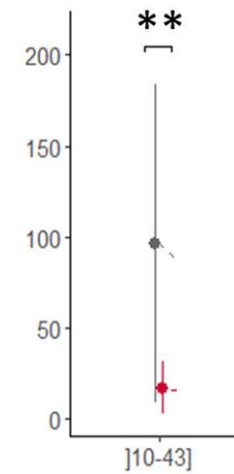
Configuration 1 : éolienne implantée à < 43 m d'une haie



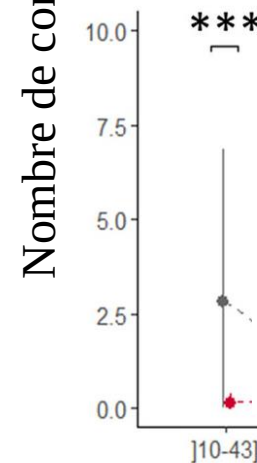
Short-range echolocators
(exemple : rhinolophes)



Pipistrellus pipistrellus
(i.e. mid-range echolocator)



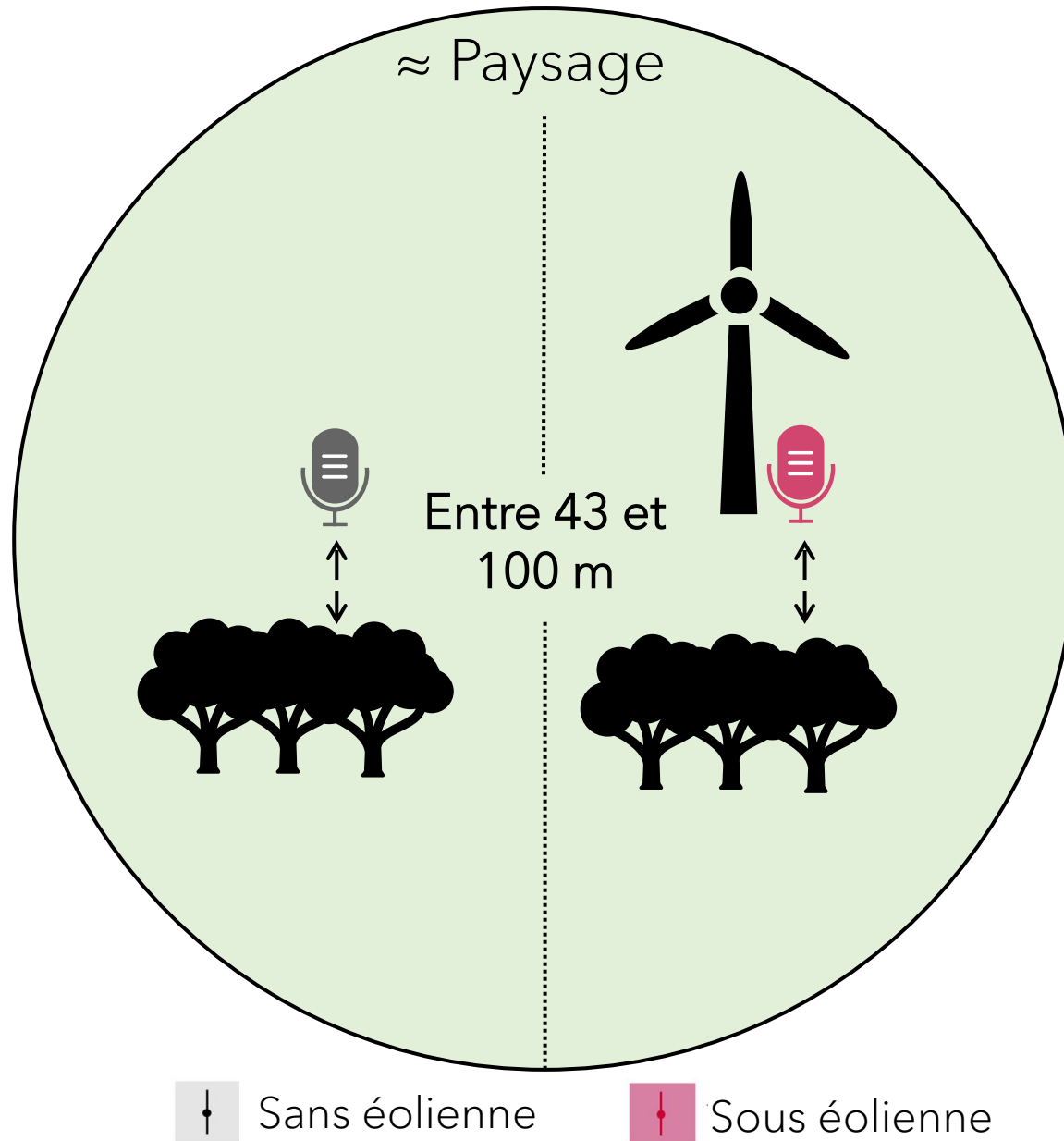
Long-range echolocators
(exemple : noctules)



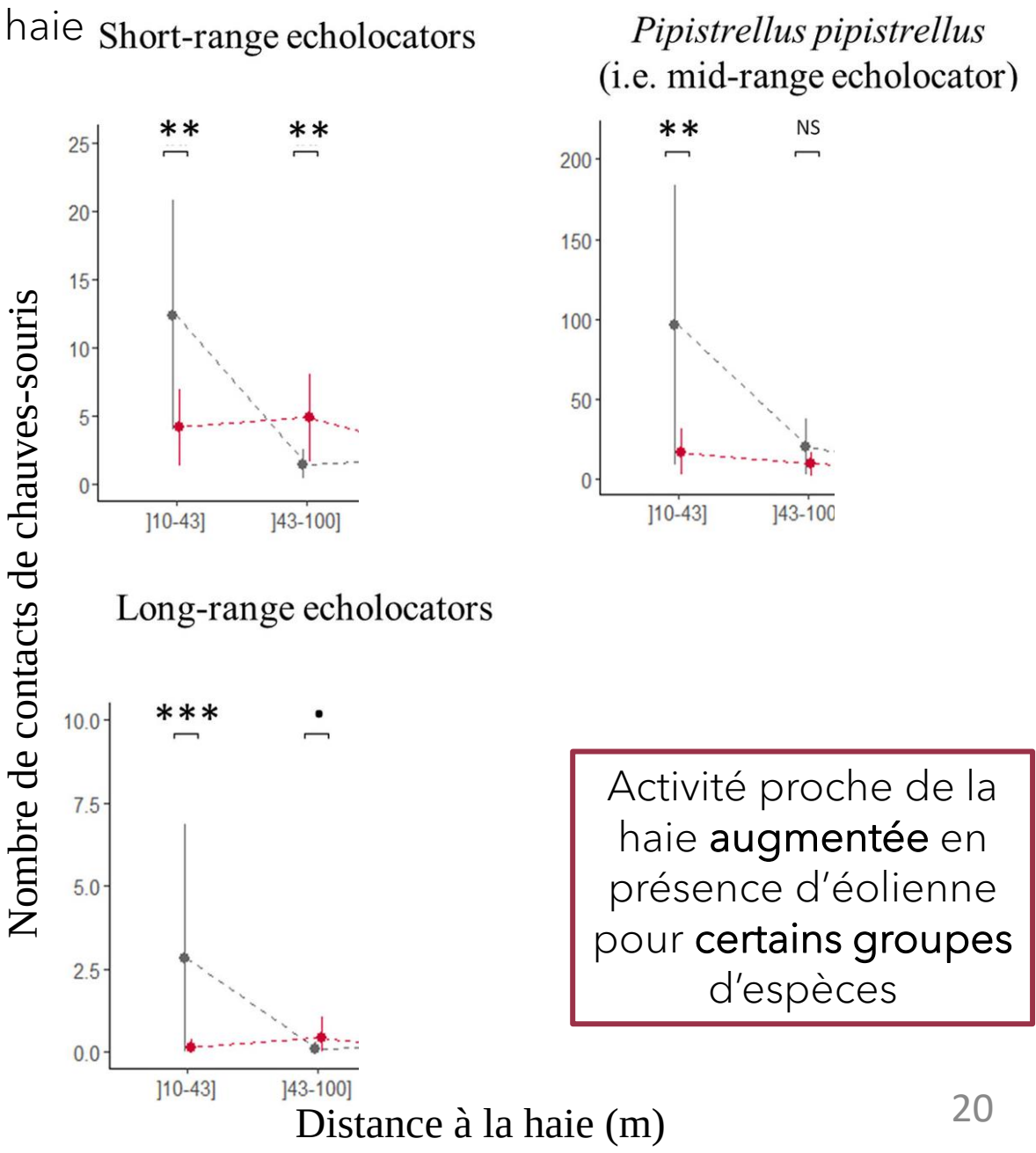
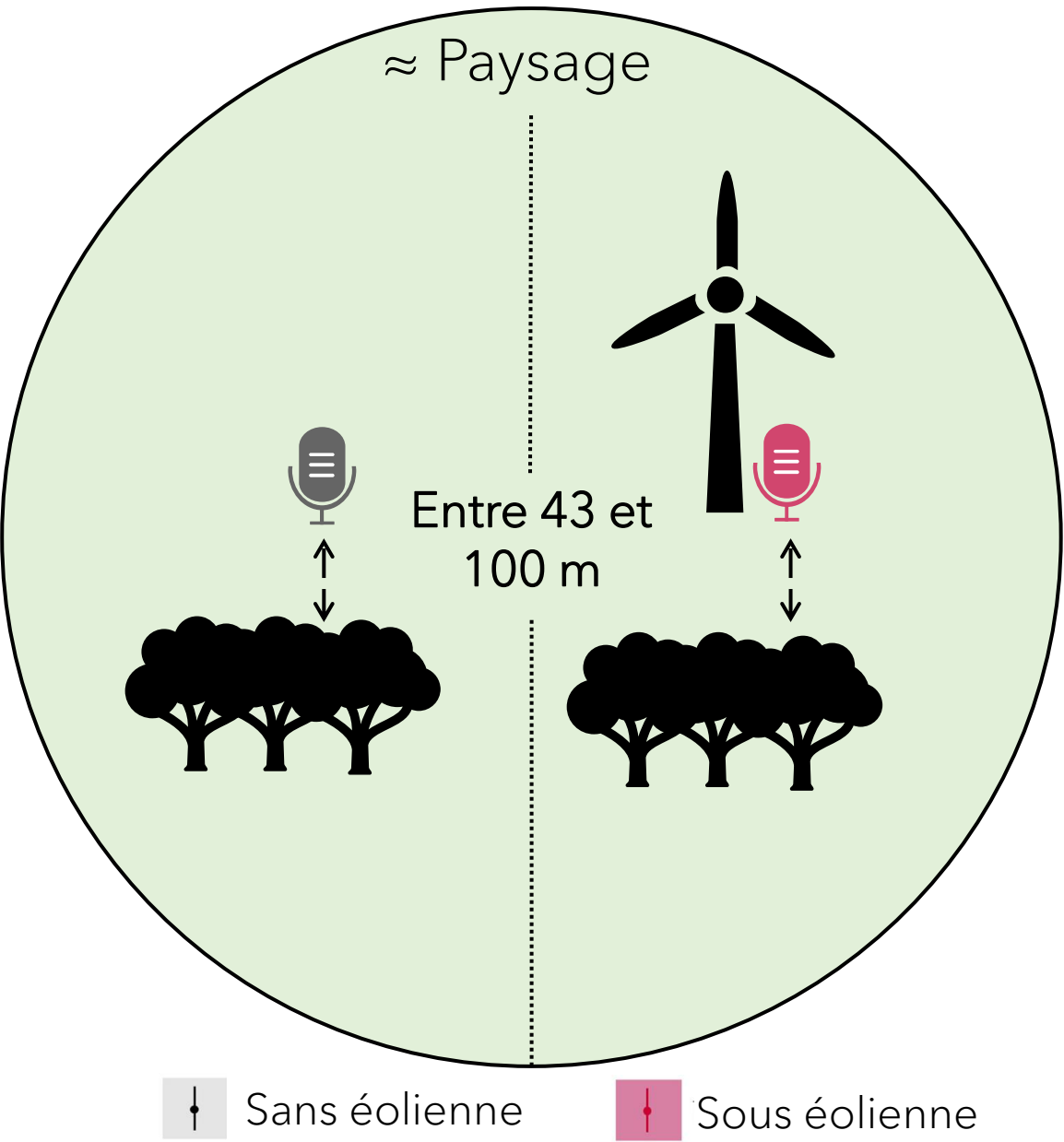
Activité proche de la haie **diminuée** en présence d'éolienne pour **tous les groupes** d'espèces

Distance à la haie (m)

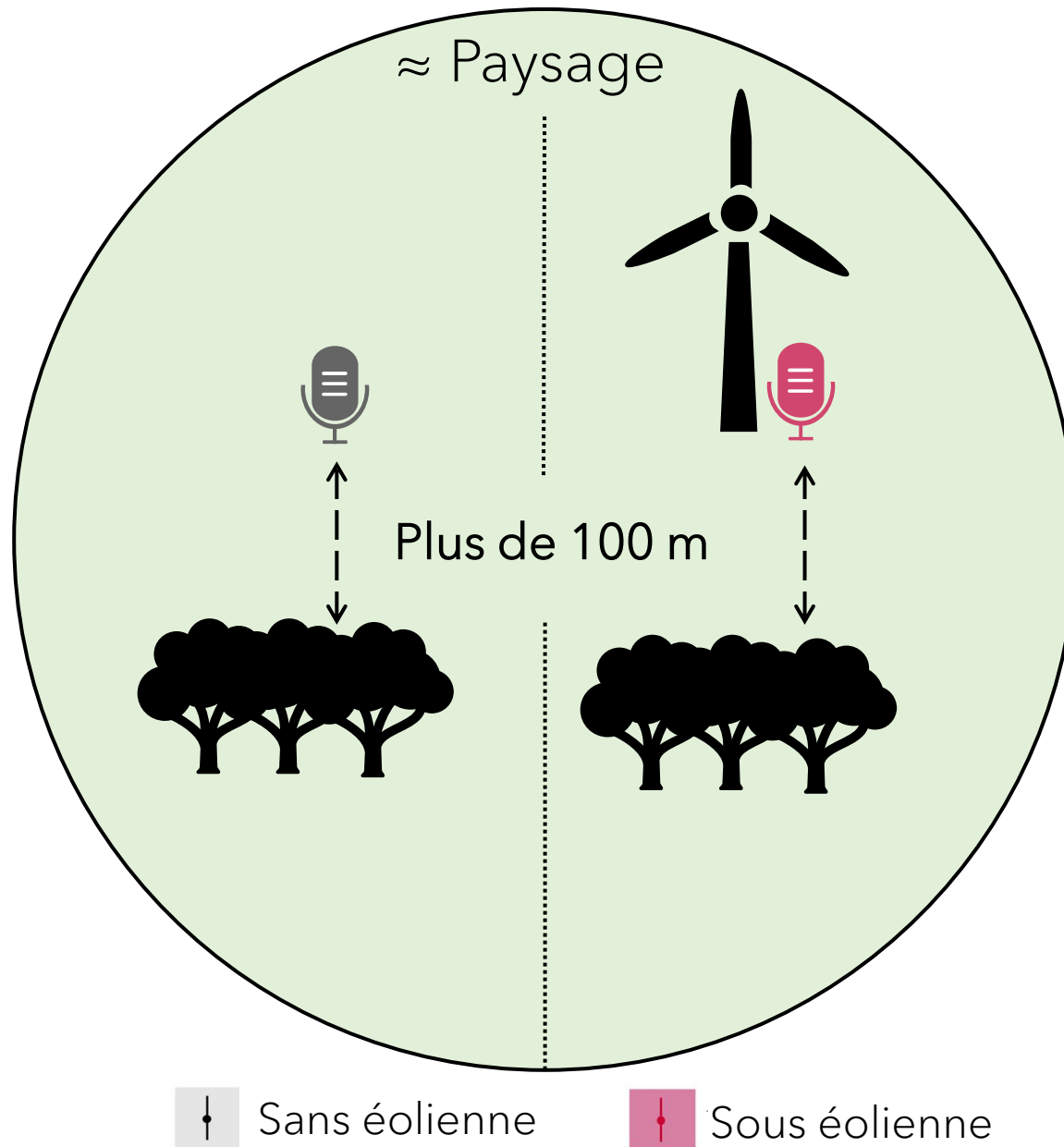
Configuration 2 : éolienne implantée entre 43 et 100 m d'une haie



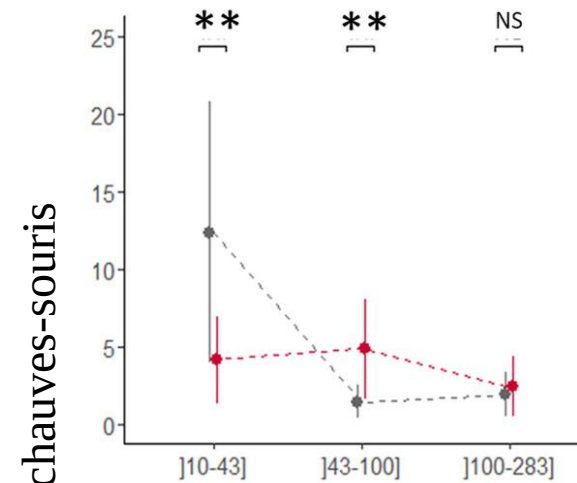
Configuration 2 : éolienne implantée entre 43 et 100 m d'une haie



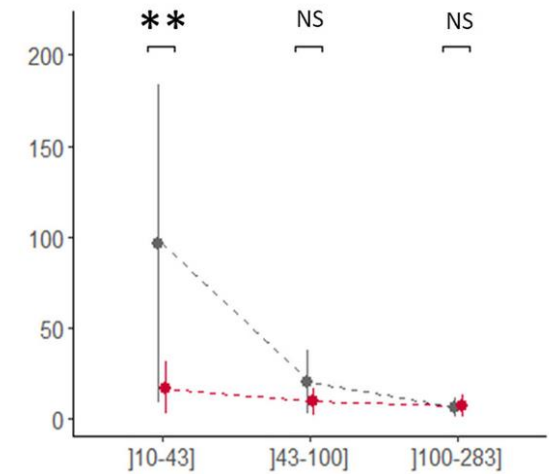
Configuration 3 : éolienne implantée à > 100 m d'une haie



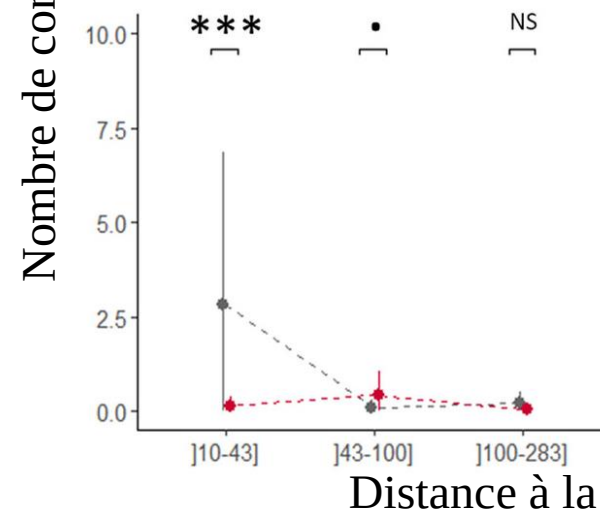
Short-range echolocators



Pipistrellus pipistrellus
(i.e. mid-range echolocator)

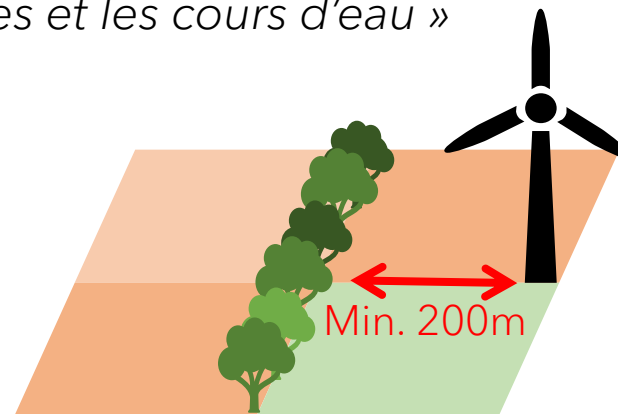


Long-range echolocators



A plus de 100 m de la haie, niveaux d'activité **similaires** sous et sans éolienne pour **tous les groupes d'espèces**

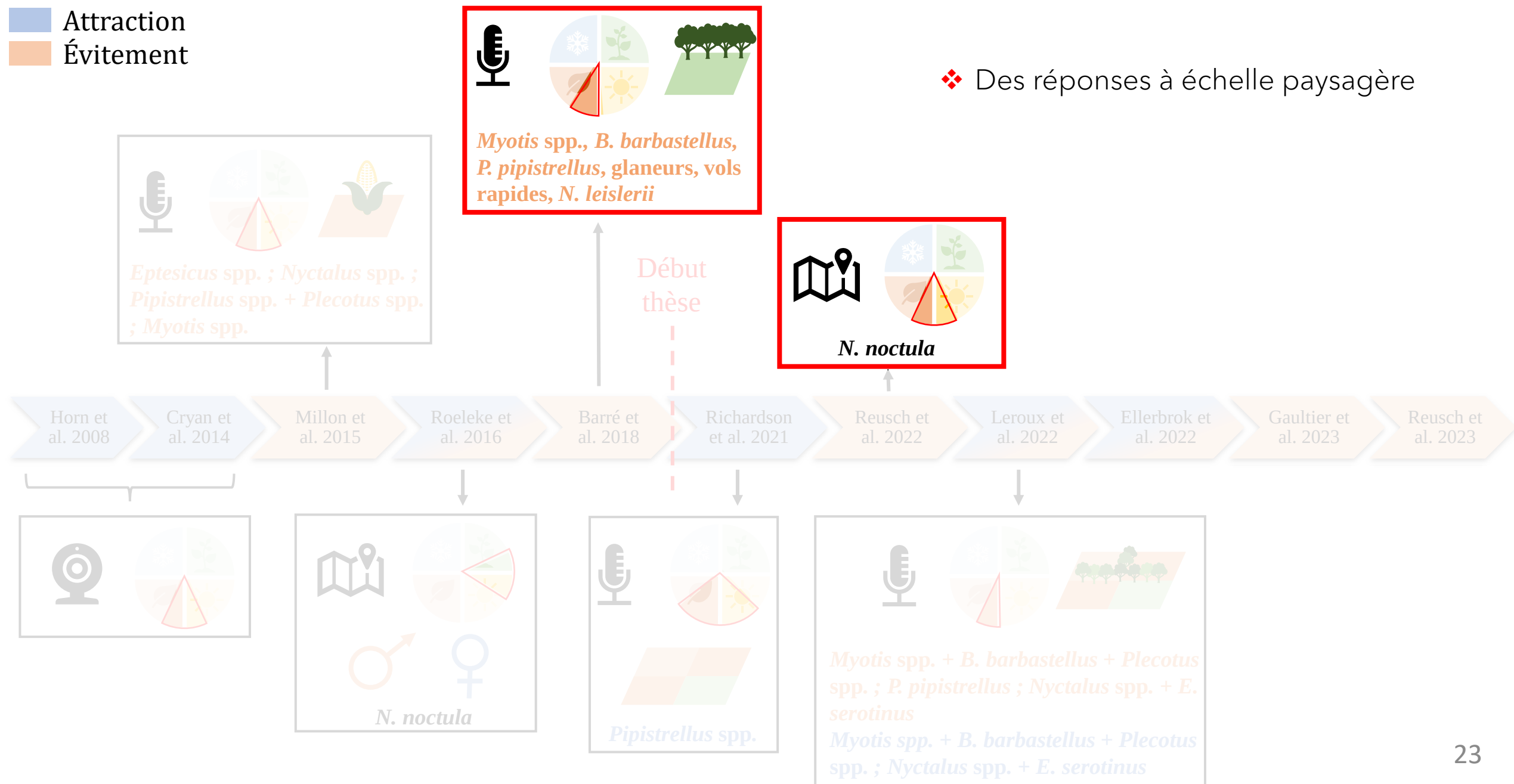
- ✓ Forte baisse d'activité au niveau d'habitats prioritaires pour les chiroptères en présence d'éoliennes
- ✓ Co-existence des réponses d'attraction et d'évitement à échelle locale
- ✓ Positionner les éoliennes loin d'habitats favorables pour les chiroptères pour minimiser les impacts, en accord avec les recommandations UNEP/EUROBATS^(a) :
 - « Les éoliennes ne doivent pas être installées en forêt, quel qu'en soit le type, ni à moins de 200m »
 - « Des zones tampons de 200 m doivent aussi s'appliquer aux autres habitats particulièrement importants pour les chauves-souris tels que les rangées d'arbres, les haies du bocage, les zones humides et les cours d'eau »



^(a)Rodrigues et al. 2015. "Guidelines for Consideration of Bats in Wind Farm Projects: Revision 2014." UNEP/EUROBATS. www.eurobats.org.

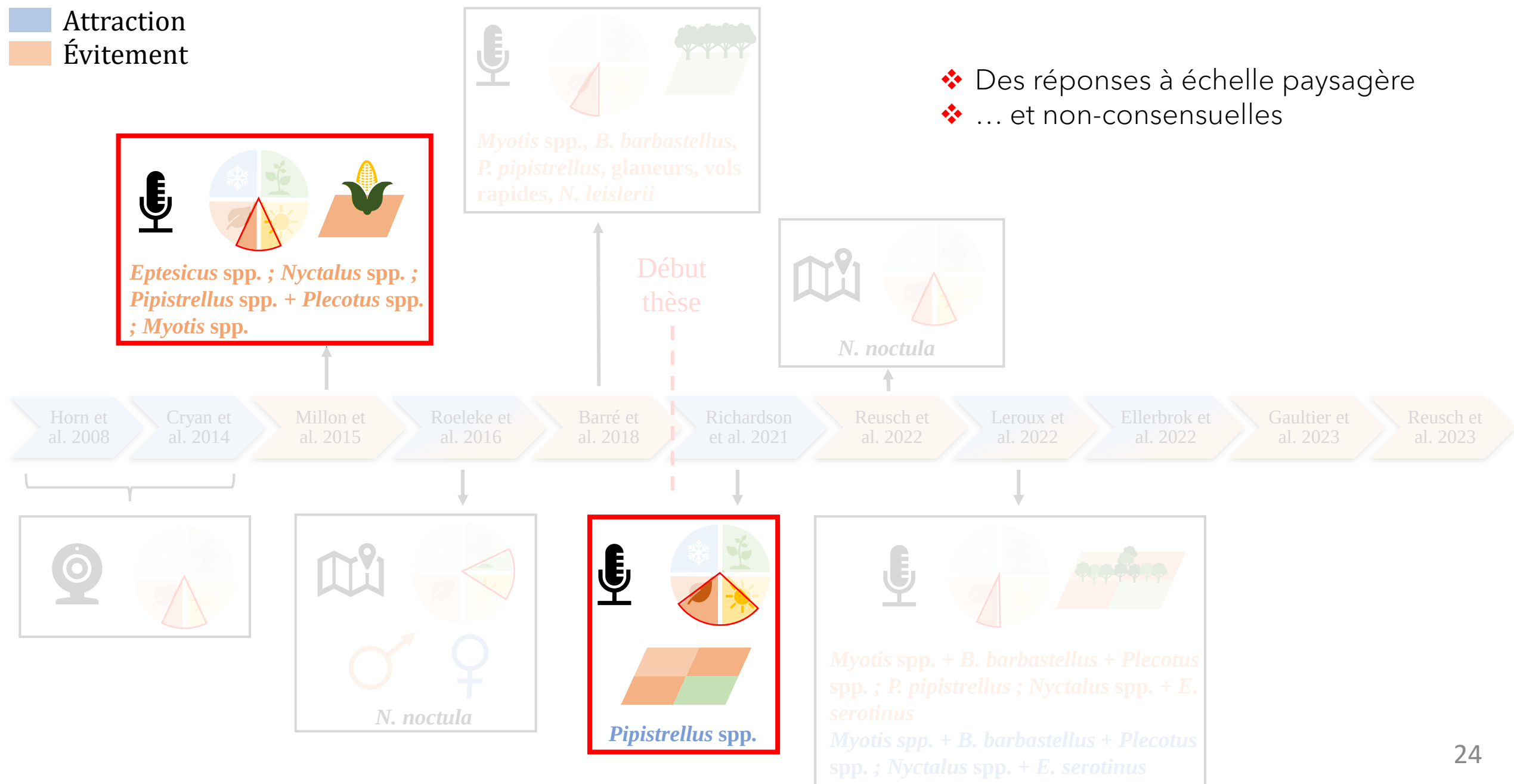
Attraction
Évitement

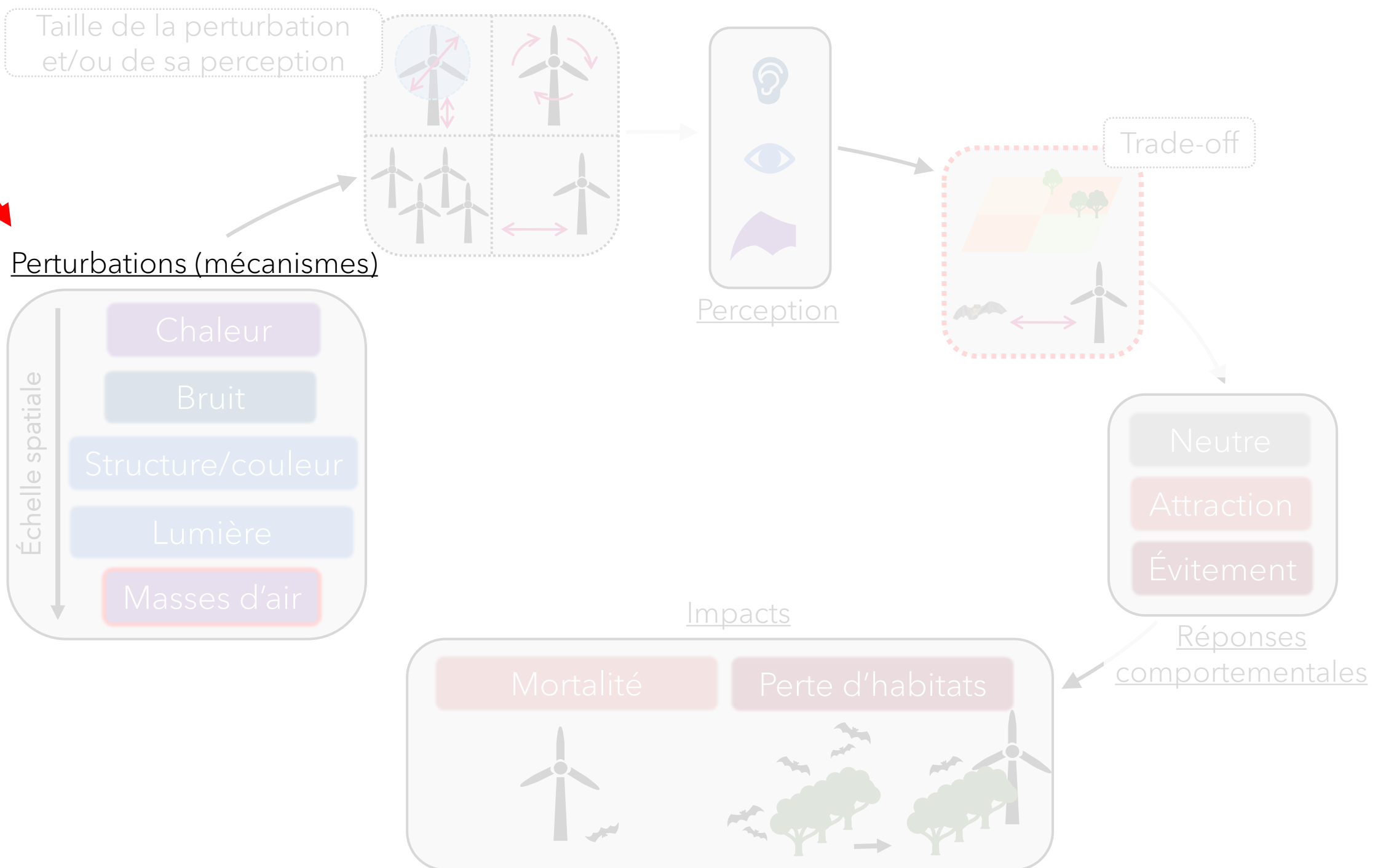
❖ Des réponses à échelle paysagère



Attraction
Évitement

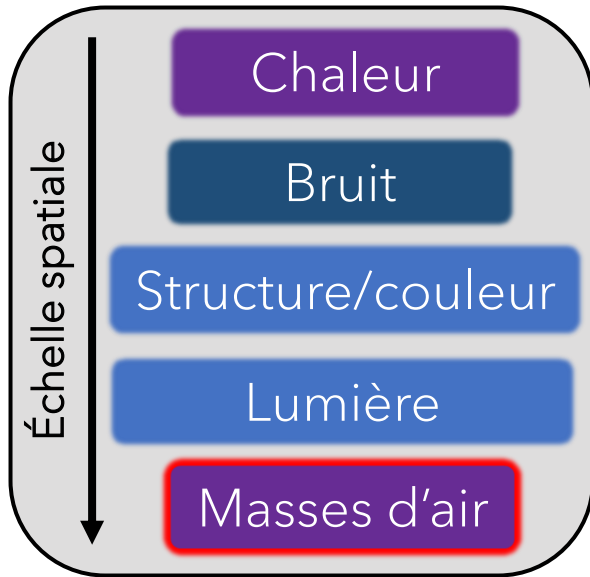
❖ Des réponses à échelle paysagère
❖ ... et non-consensuelles





Taille de la perturbation
et/ou de sa perception

Perturbations (mécanismes)

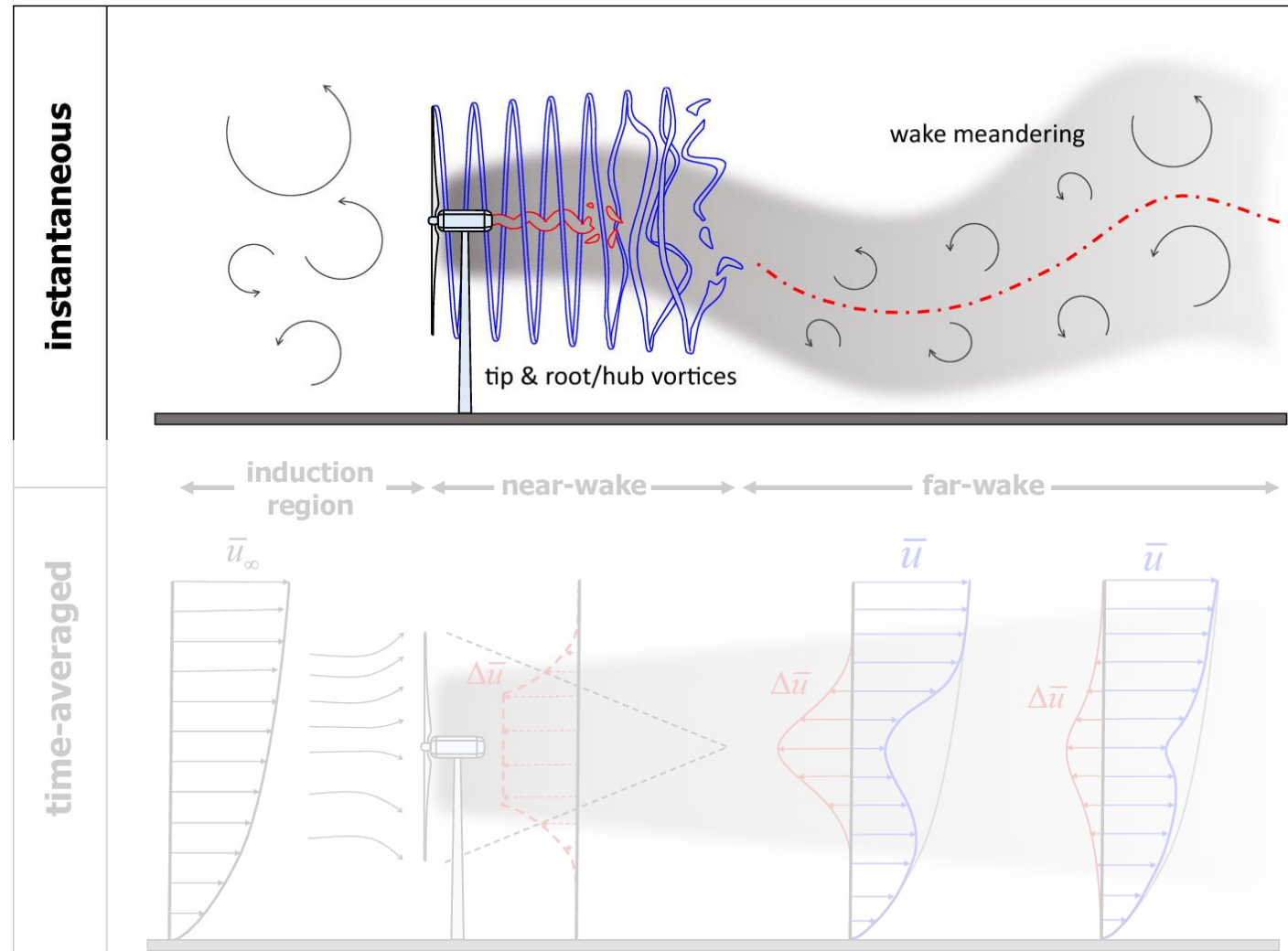


Chapitre 2

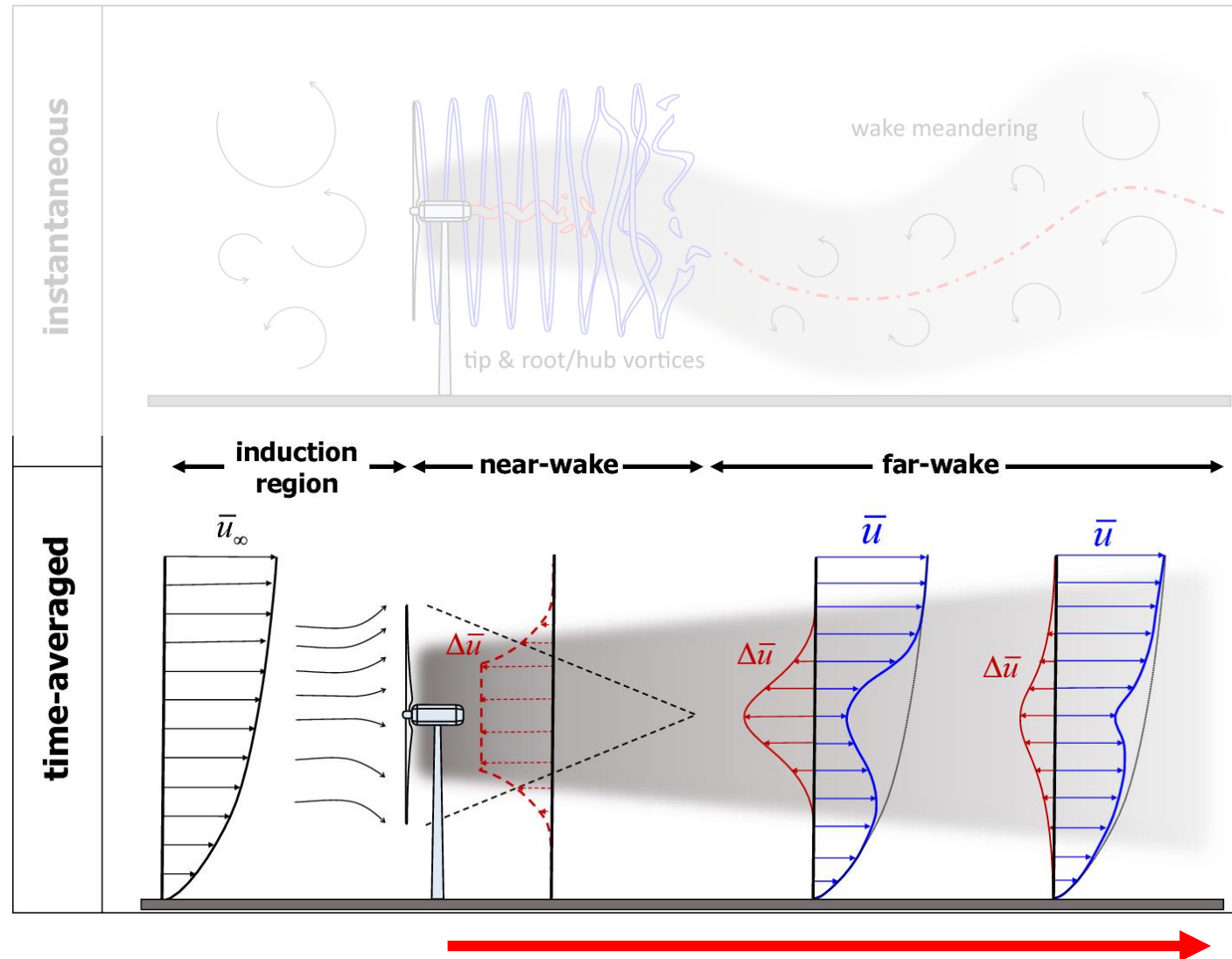


Horns Rev

Derrière l'éolienne (par rapport au vent) : vent ralenti et création/augmentation de turbulences.



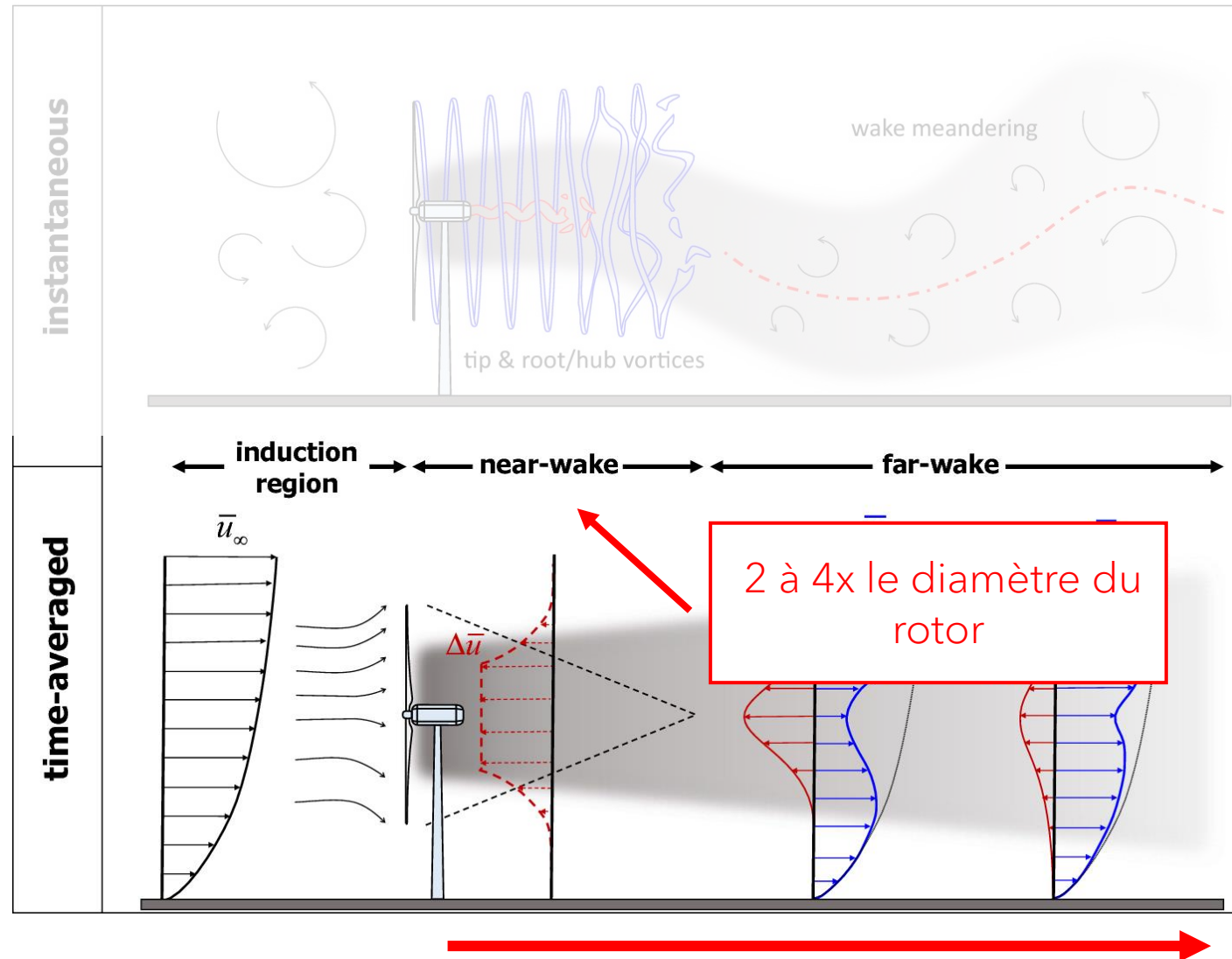
Derrière l'éolienne (par rapport au vent) : vent ralenti et création/augmentation de turbulences.



Porté-Agel, F., Bastankhah, M. & Shamsoddin, S. Wind-Turbine and Wind-Farm Flows: A Review. Boundary-Layer Meteorol 174, 1–59 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10546-019-00473-0>

Vitesse du vent

Derrière l'éolienne (par rapport au vent) : vent ralenti et création/augmentation de turbulences.



Porté-Agel, F., Bastankhah, M. & Shamsoddin, S. Wind-Turbine and Wind-Farm Flows: A Review. Boundary-Layer Meteorol 174, 1–59 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10546-019-00473-0>

Vitesse du vent

CHAPITRE 2

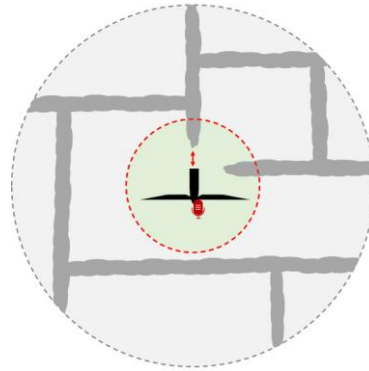
L'effet de sillage, un mécanisme à l'origine des impacts des éoliennes sur l'utilisation des habitats par les chauves-souris à l'échelle paysagère ?



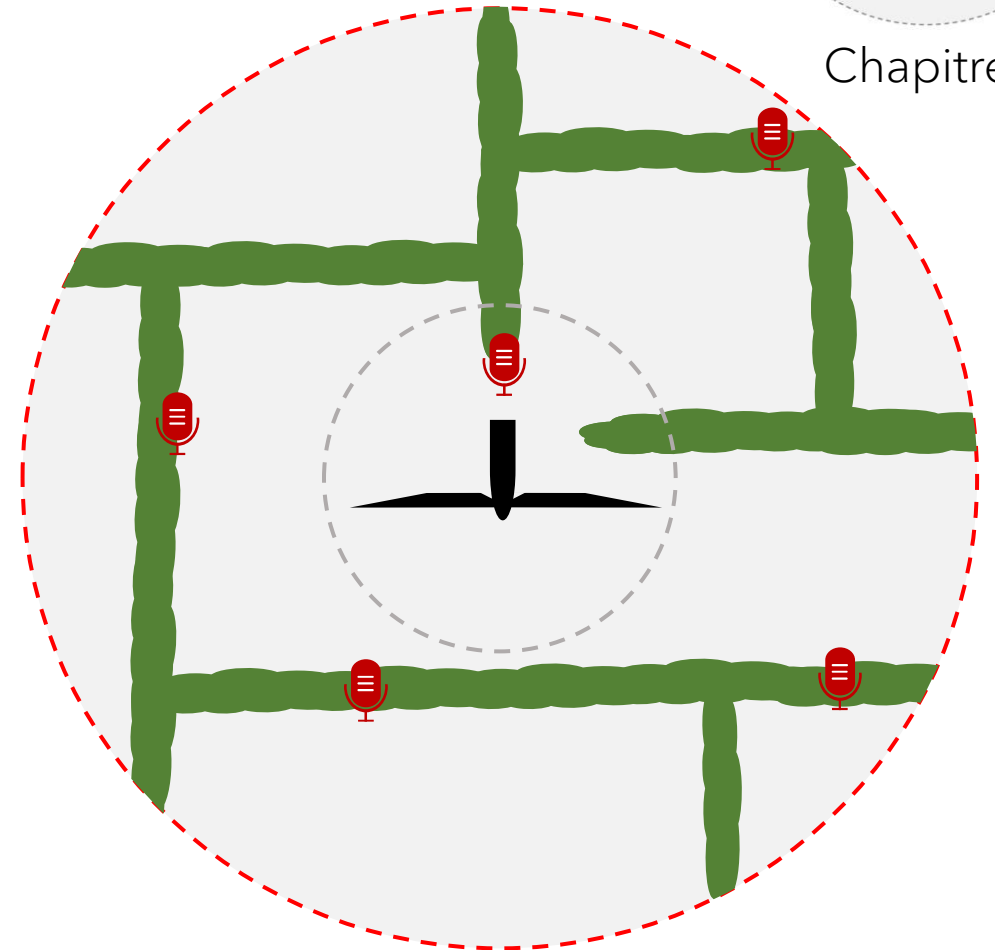
© C. Leroux

Leroux, C., Barré, K., Valet, N., Le Viol, I. & Kerbiriou, C. (2023). Airflow disruption by wind turbines alters bat distribution at the landscape scale. (En révision dans Communications Biology)

Leroux, C., Le Viol, I., Valet, N., Kerbiriou, C. & Barré, K. (2023). Disentangling effects of wind turbine density, distance, wake, operation and size on various bat species. (En préparation)



Chapitre 1



Contrôle du vol

Récepteurs
tactiles



Sterbing-D'Angelo et al. (2011) *PNAS*.

Vitesse

Direction



Adaptation du vol selon la
vitesse et direction du vent.

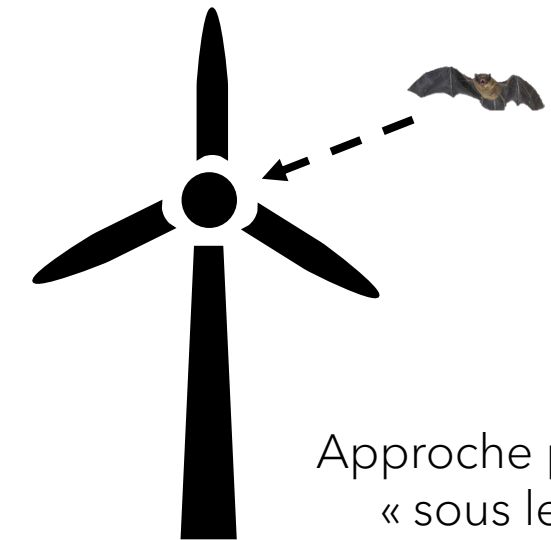
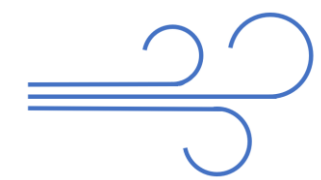
Sapir et al. (2014) *Proceedings B*.

Contrôle du vol

Récepteurs
tactiles



Sterbing-D'Angelo et al. (2011) *PNAS*.

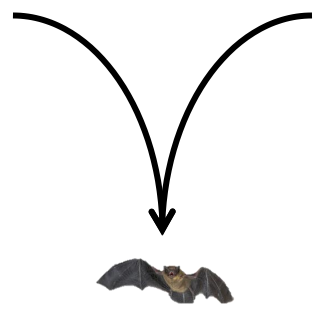


Approche par le côté
« sous le vent ».

Cryan et al. (2014) *PNAS*.

Vitesse

Direction



Adaptation du vol selon la
vitesse et direction du vent.

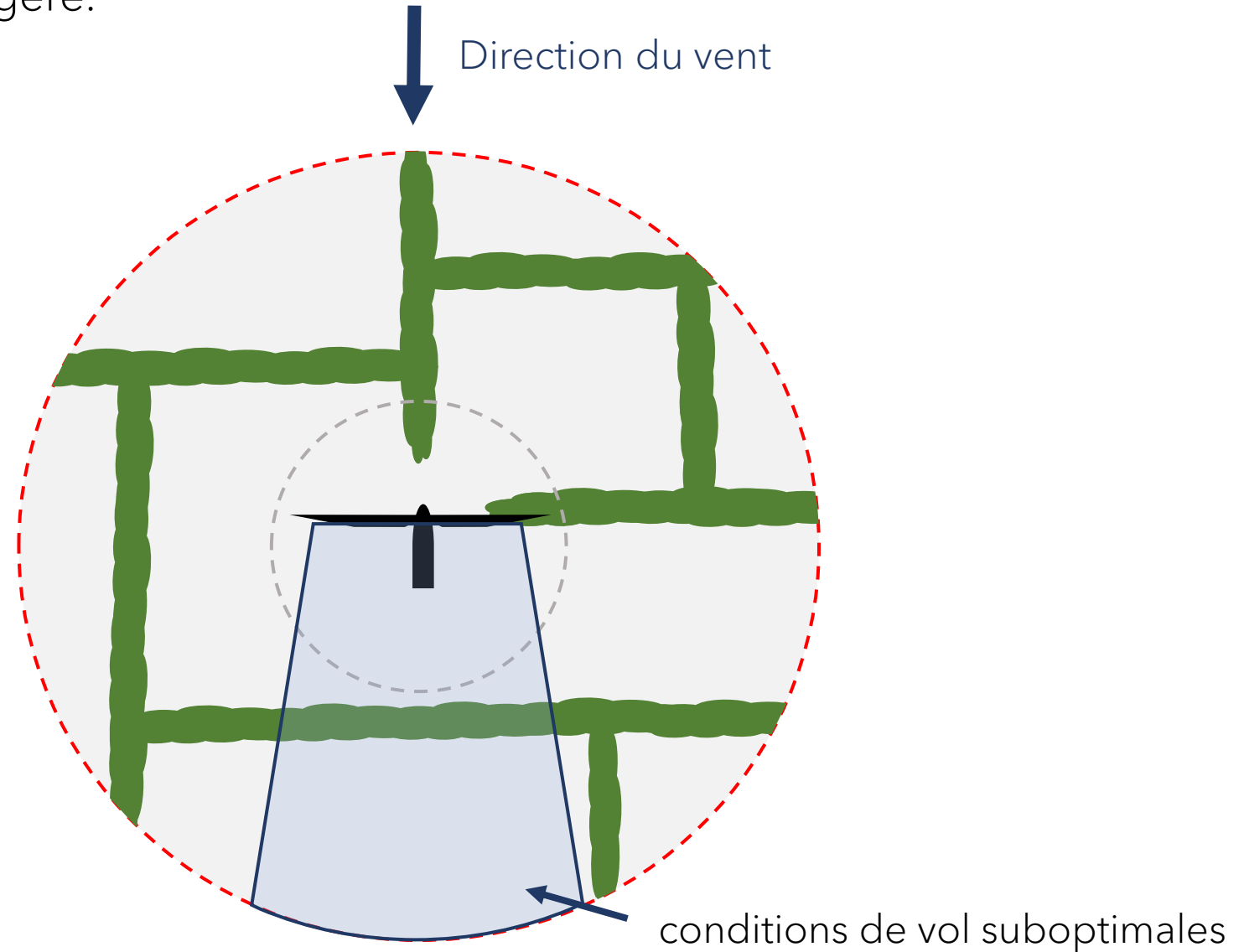
Sapir et al. (2014) *Proceedings B*.



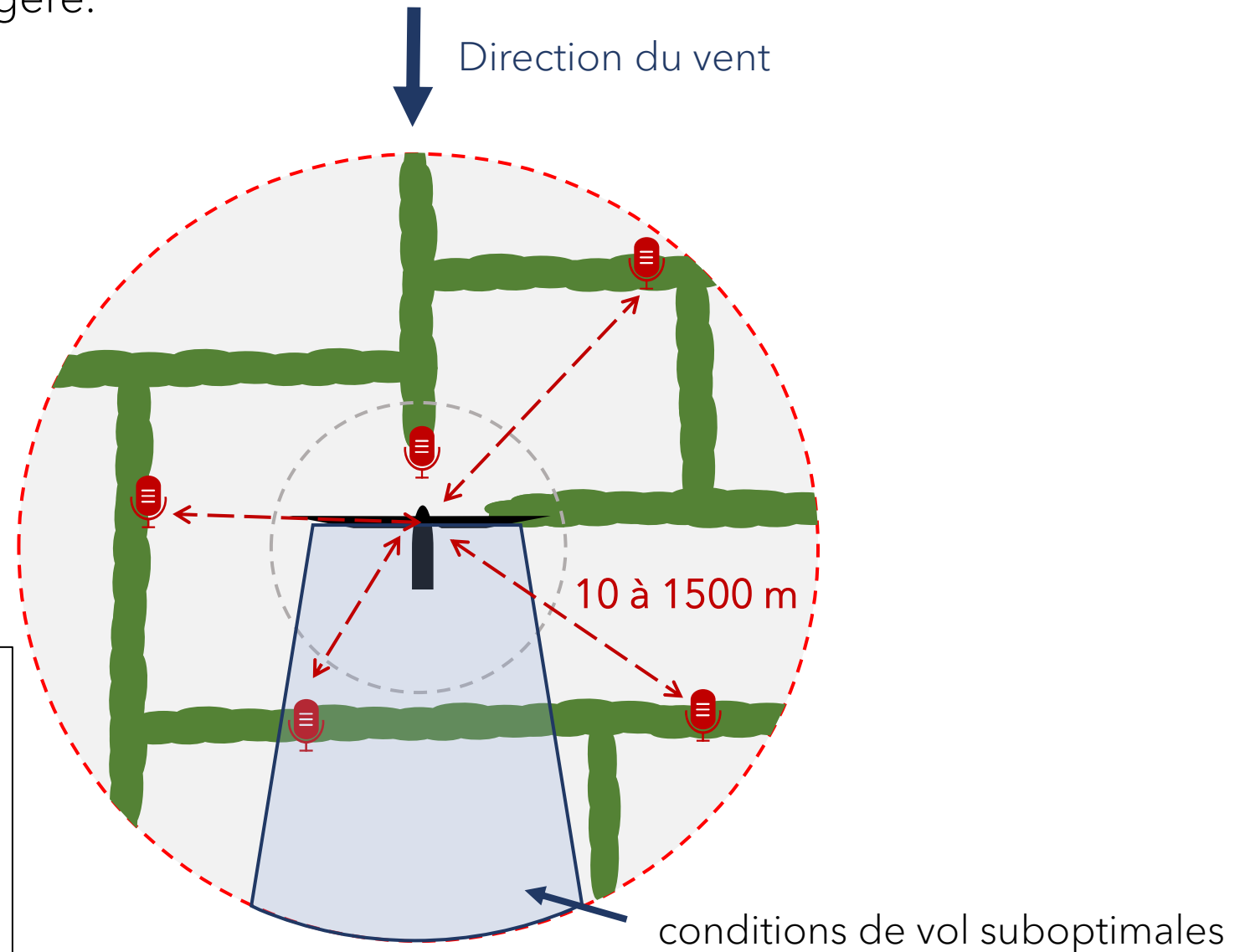
Pour des vents élevés
et/ou perpendiculaires à
la haie : concentration de
l'activité sous le vent et
proche de la haie.

Verboom and Spoelstra (1999) *Canadian Journal of Zoology*.

Hypothèse : l'hétérogénéité des couches d'air autour des éoliennes peut affecter la distribution des chiroptères à échelle paysagère.



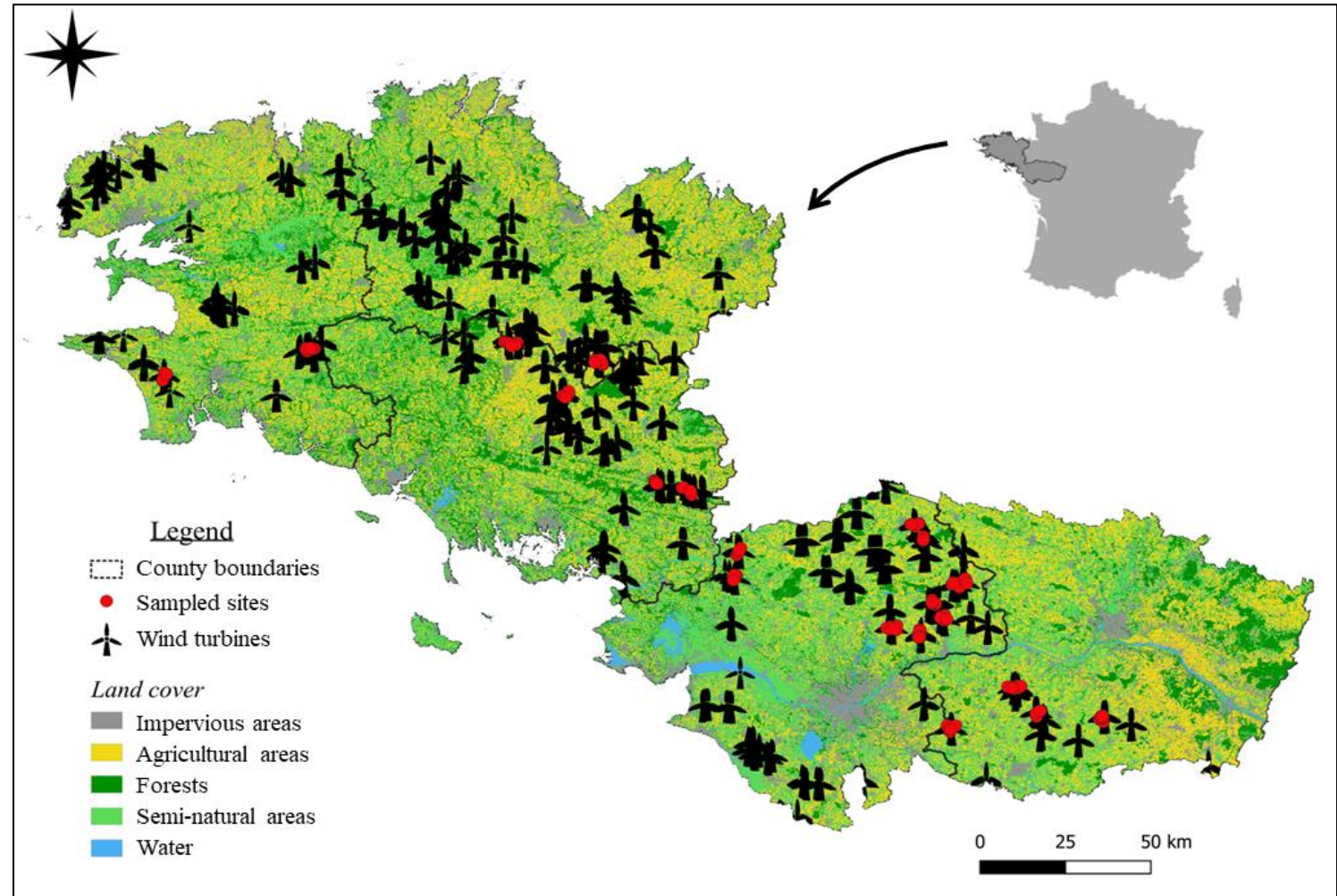
Hypothèse : l'hétérogénéité des couches d'air autour des éoliennes peut affecter la distribution des chiroptères à échelle paysagère.



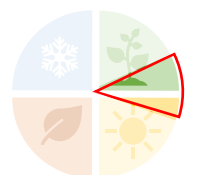
Comparaison des niveaux d'activité des chauves-souris au niveau de haies situées à différentes distances des éoliennes et exposées ou non à l'effet de sillage



© C. Leroux

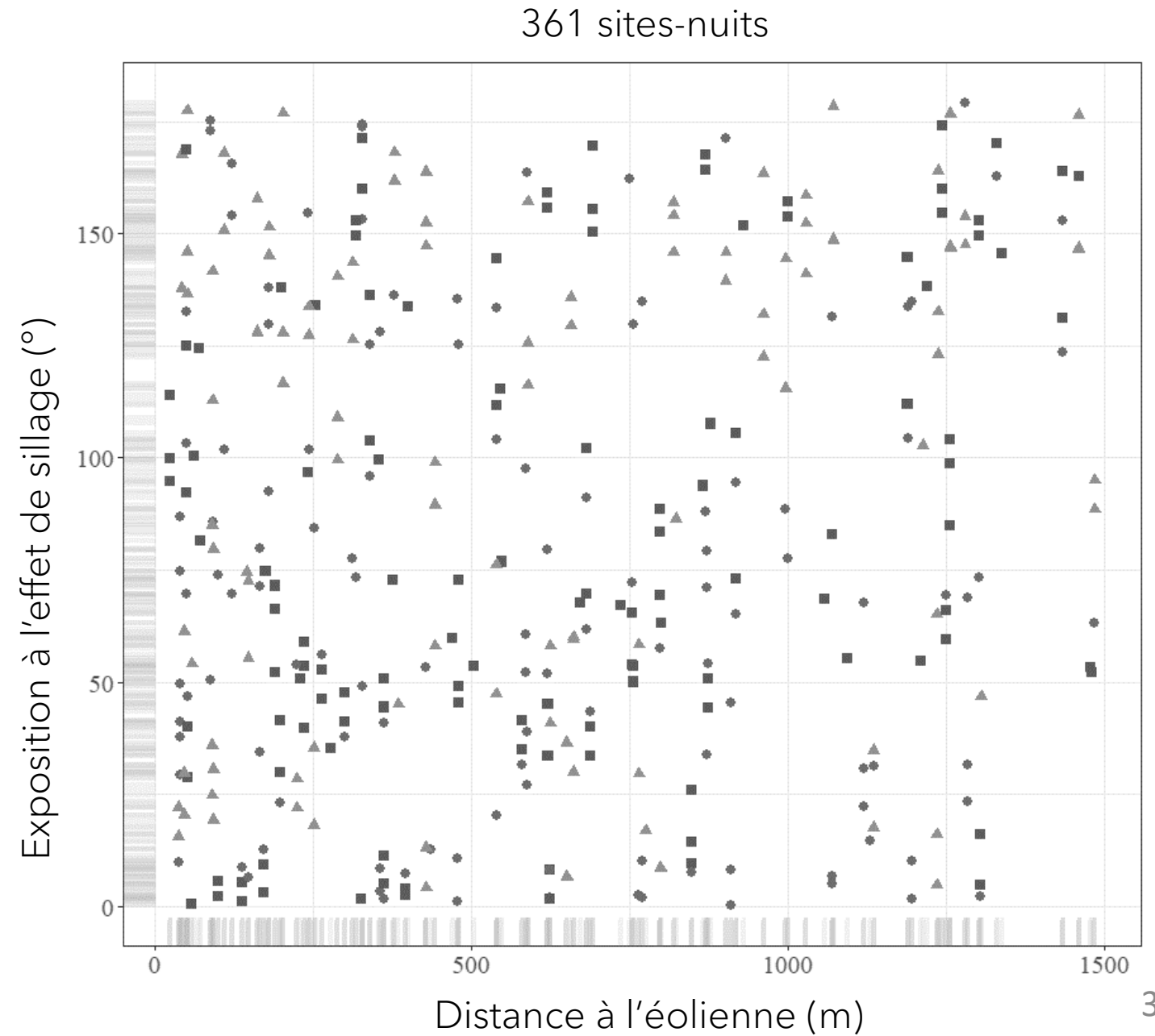


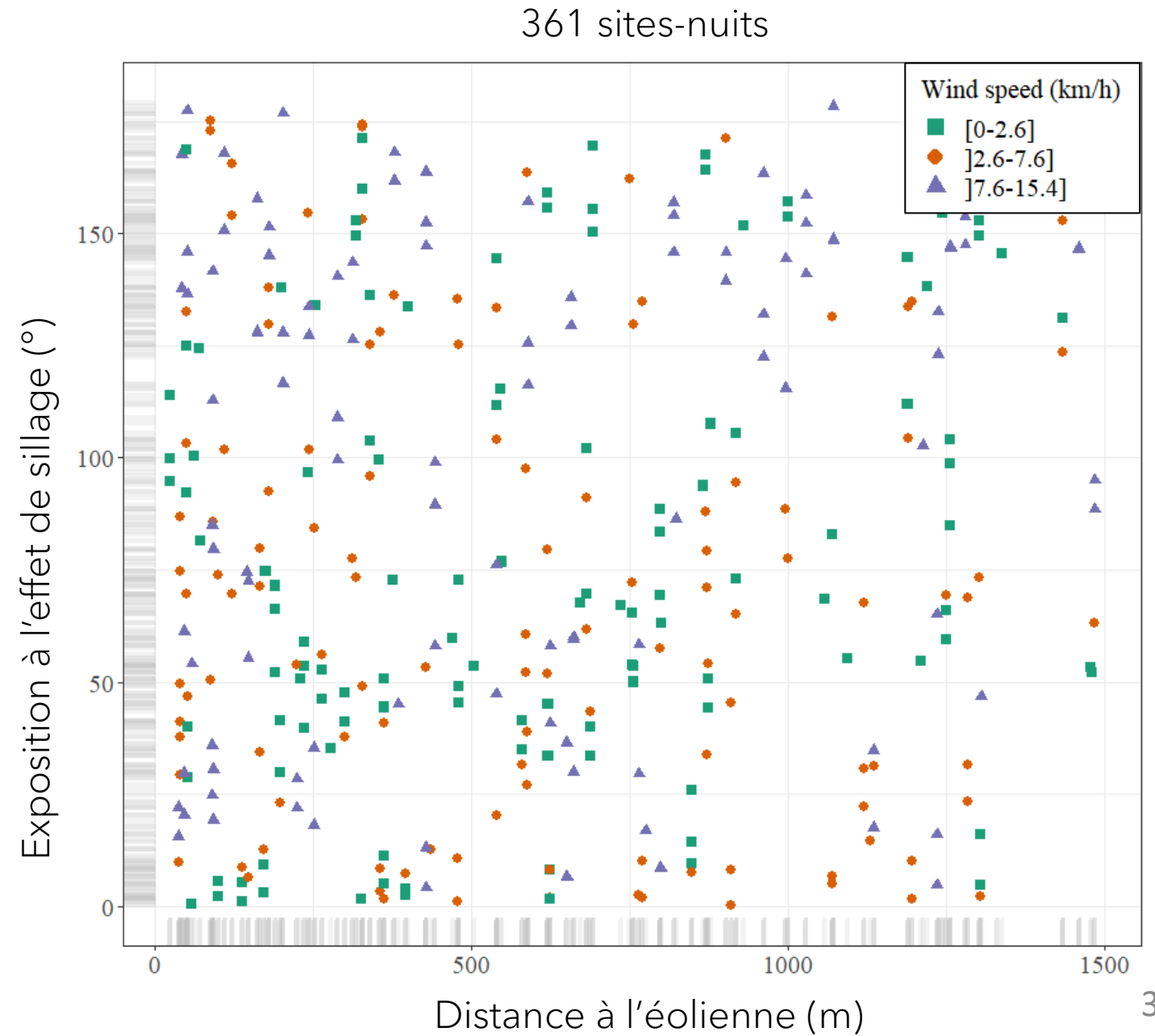
- ✓ 154 sites (échantillonnés entre 1 et 4 nuits)
- ✓ 1 à 2 parcs échantillonnés chaque nuit
- ✓ 361 sites-nuits
- ✓ 67 éoliennes échantillonnées (20 parcs éoliens)



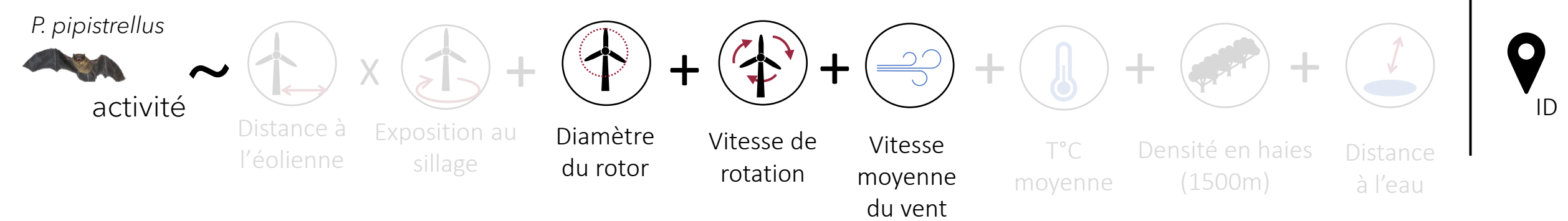
Juin

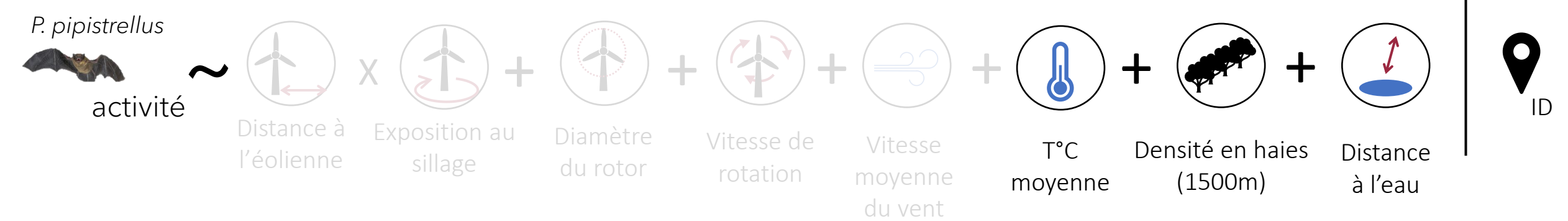
31



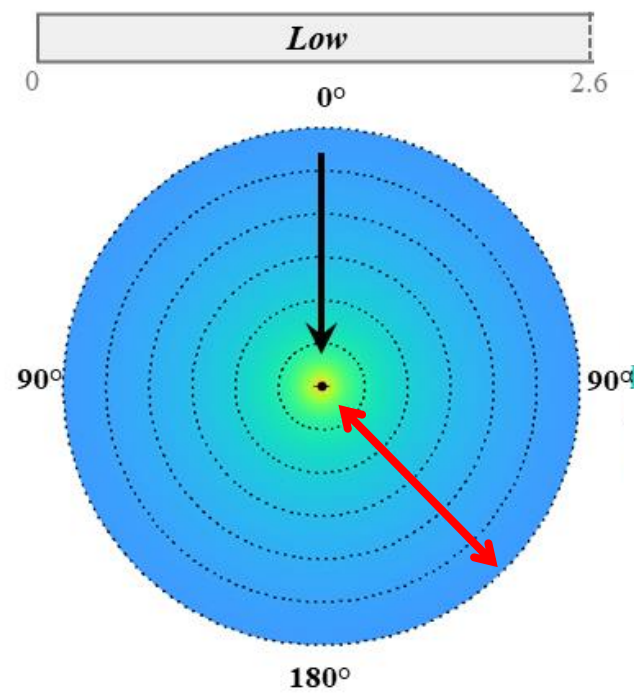




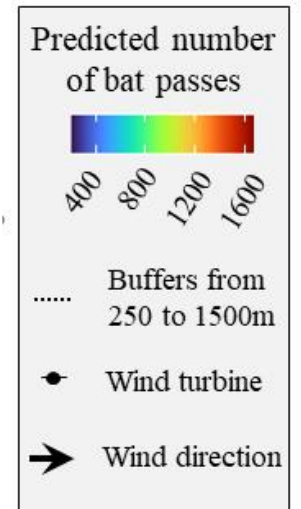




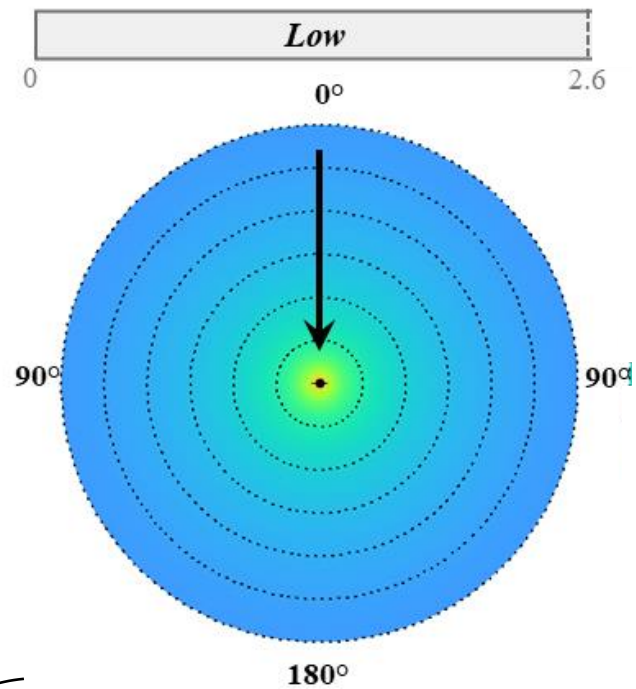
P. pipistrellus



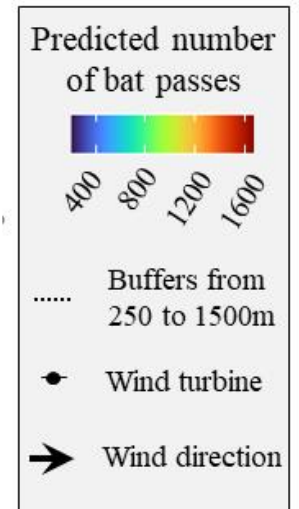
Wind speed
(km/h)



P. pipistrellus

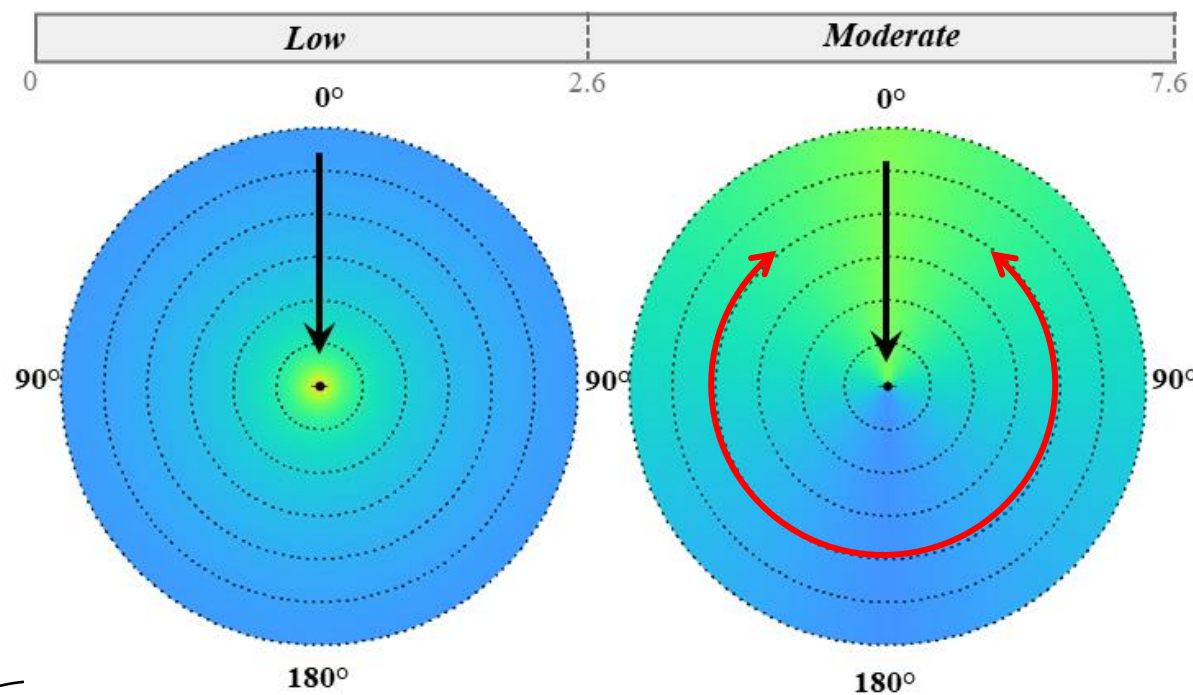


Wind speed
(km/h)

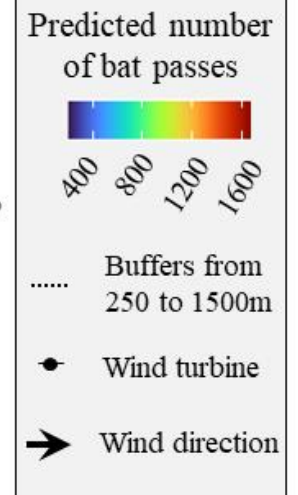


Attraction liée à des
mécanismes structurels ou à
l'accumulation d'insectes

P. pipistrellus

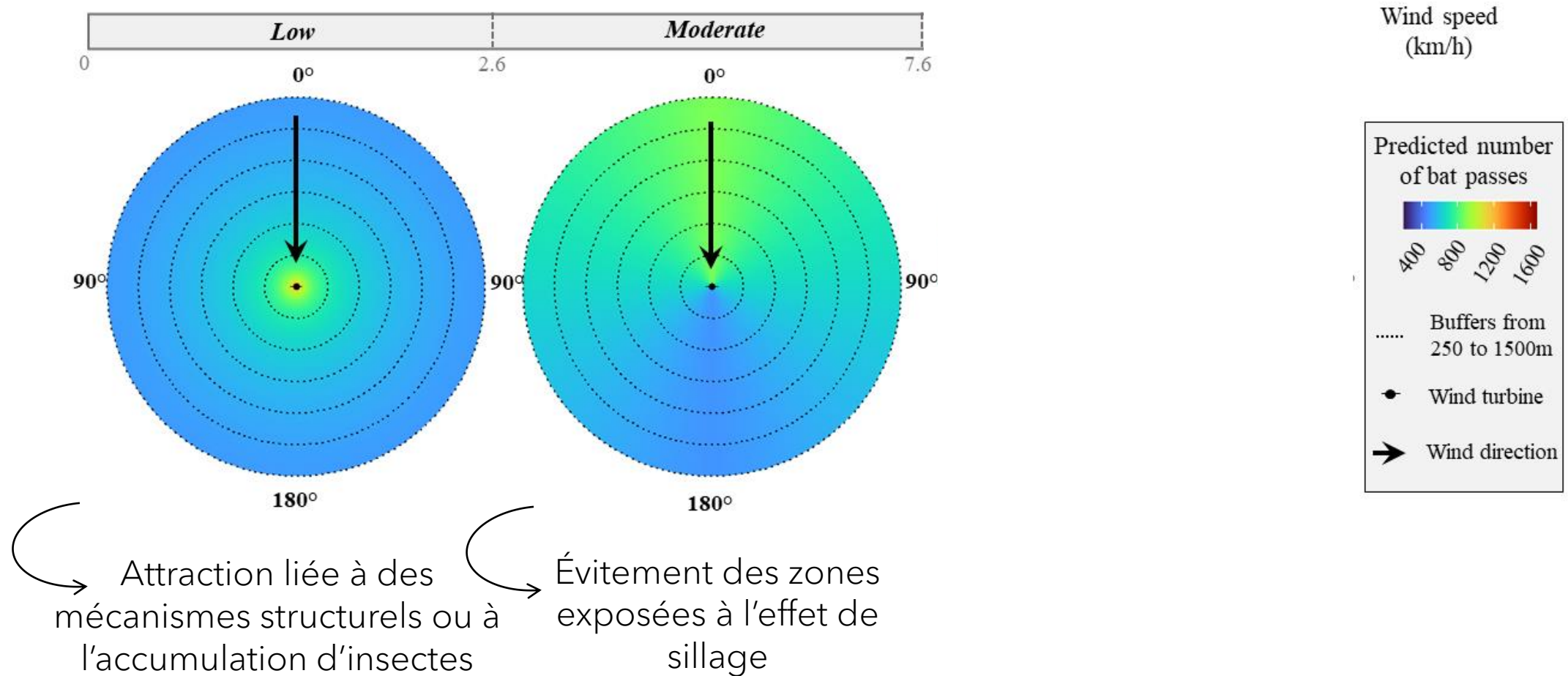


Wind speed
(km/h)

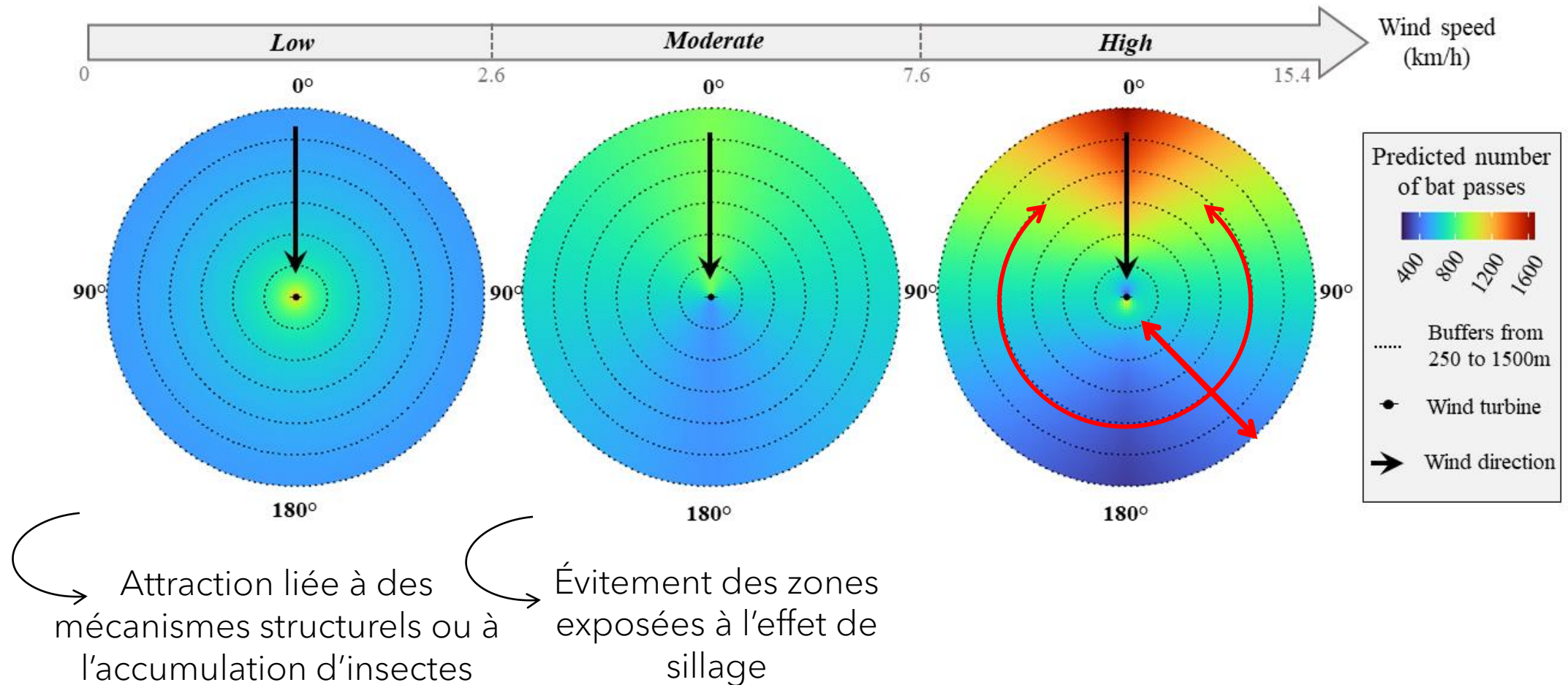


Attraction liée à des mécanismes structurels ou à l'accumulation d'insectes

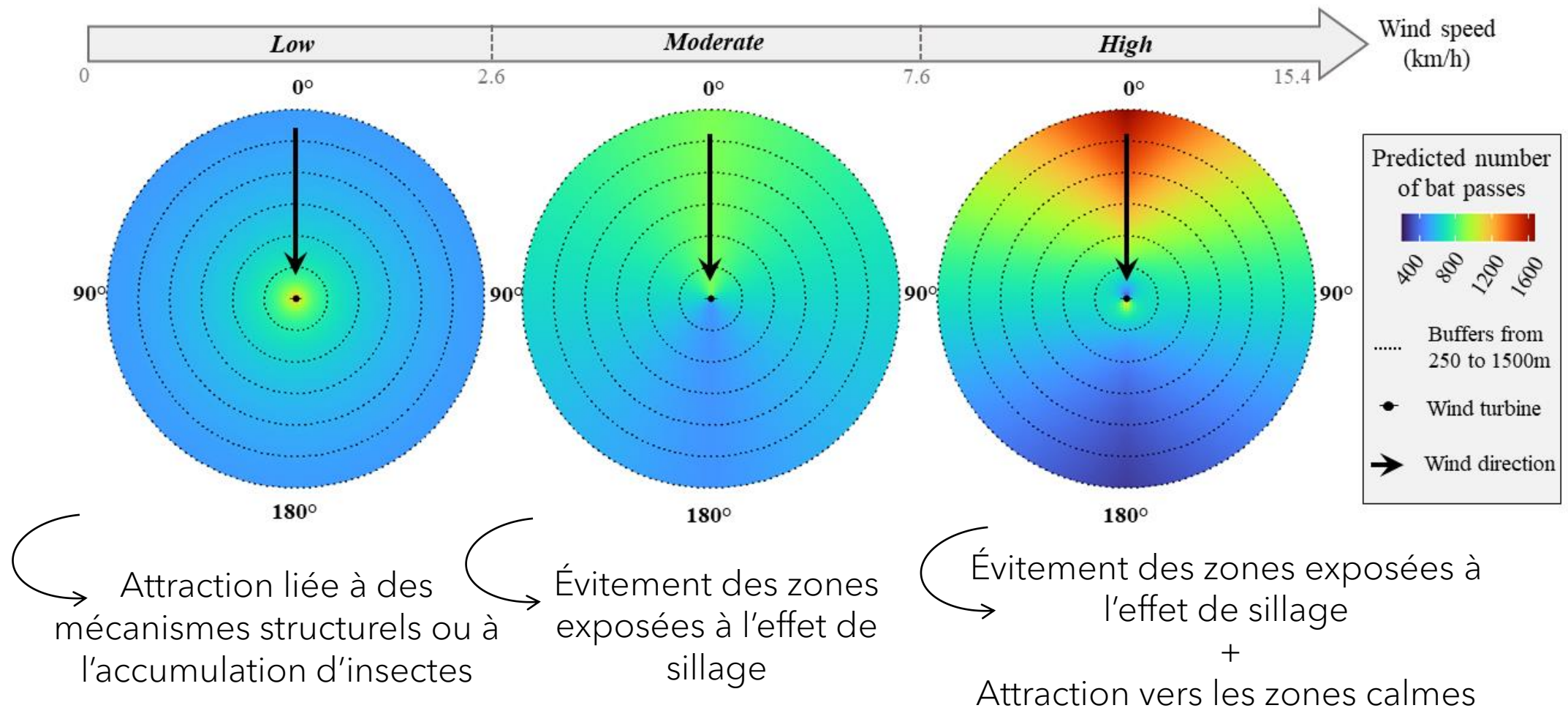
P. pipistrellus



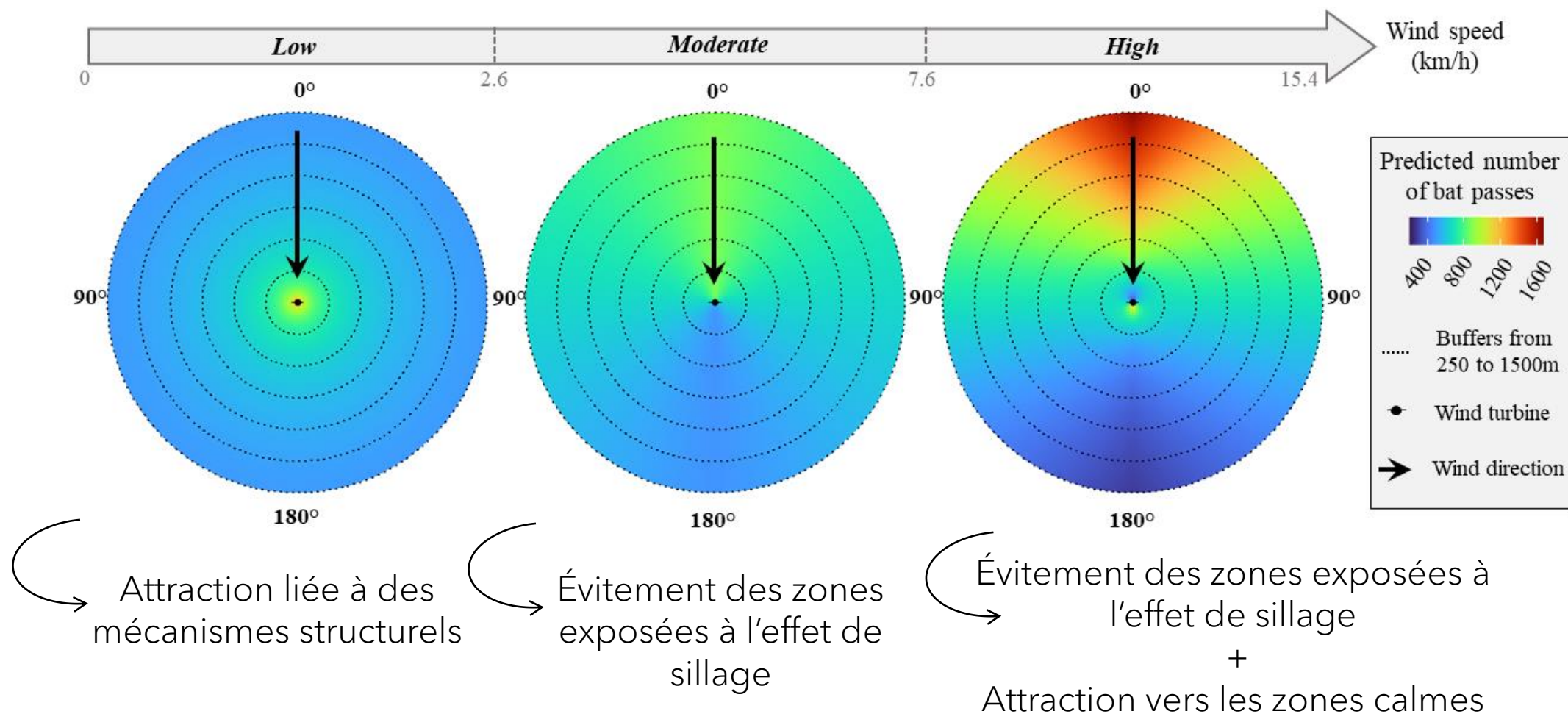
P. pipistrellus

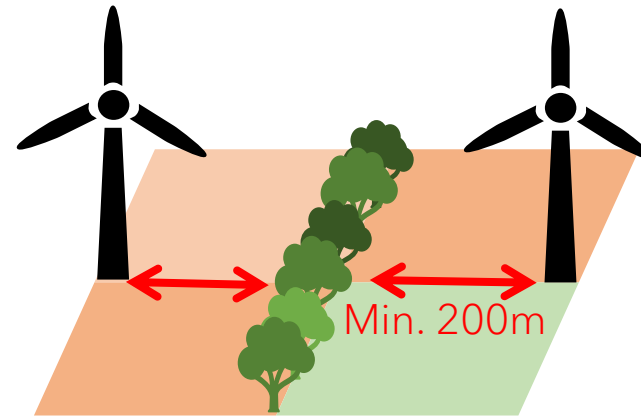


P. pipistrellus

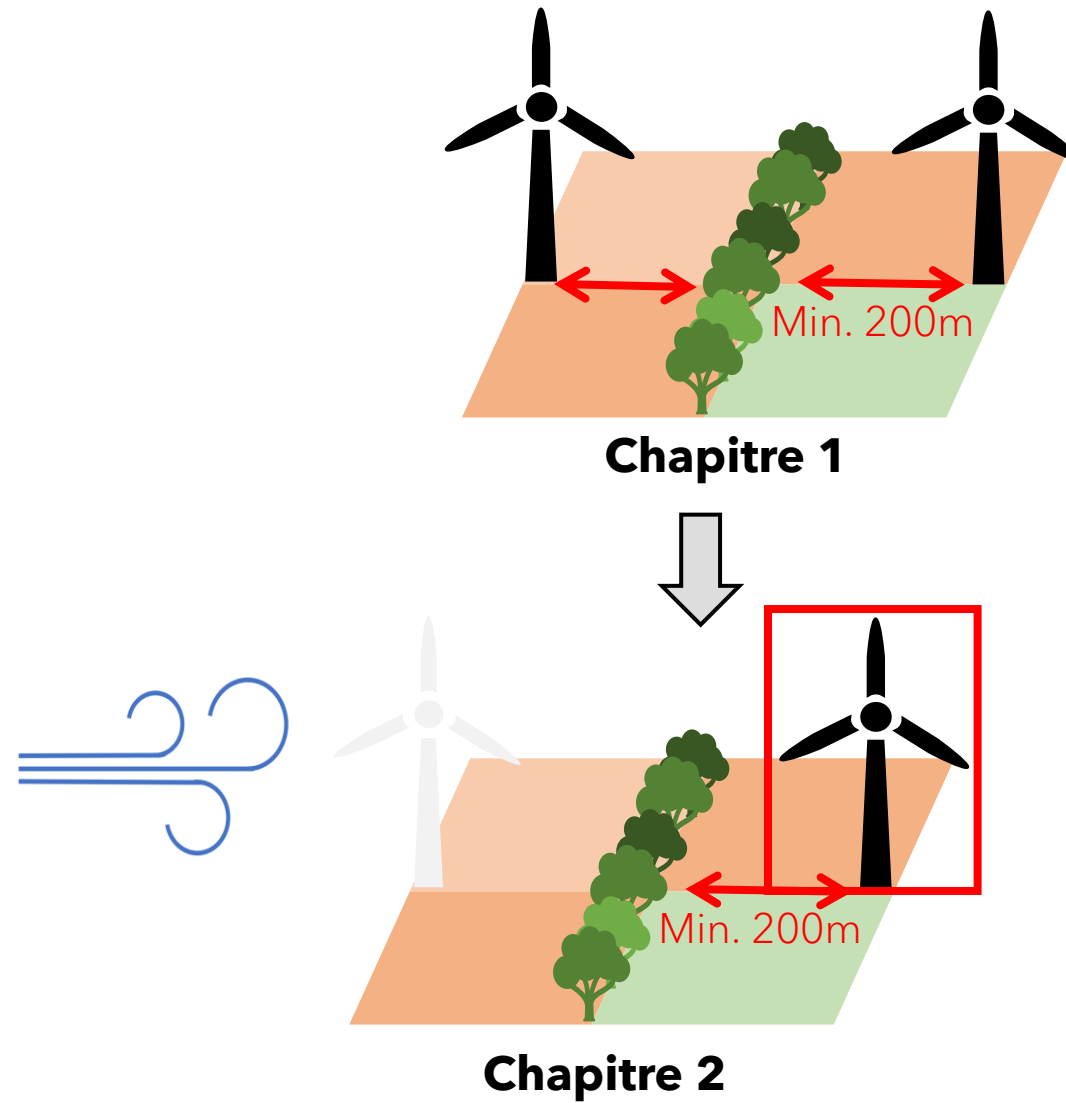


- ✓ Les perturbations de l'air autour des éoliennes perturbent fortement la distribution spatiale de *P. pipistrellus* qui évite la zone de sillage
- ✓ La structure de l'air autour des éoliennes explique au moins partiellement les effets non-consensuels documentés dans la littérature (attraction vs évitement)



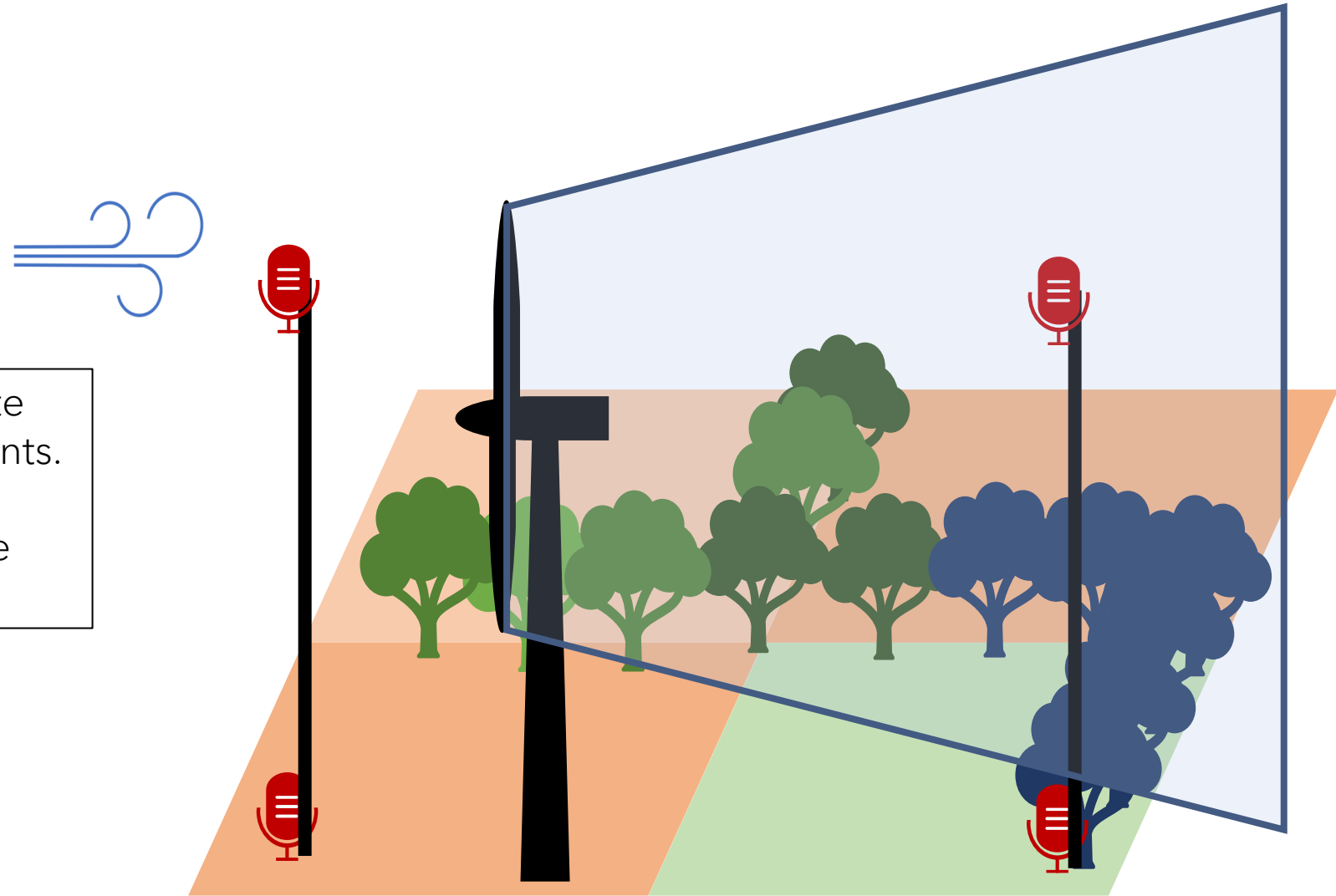


Chapitre 1

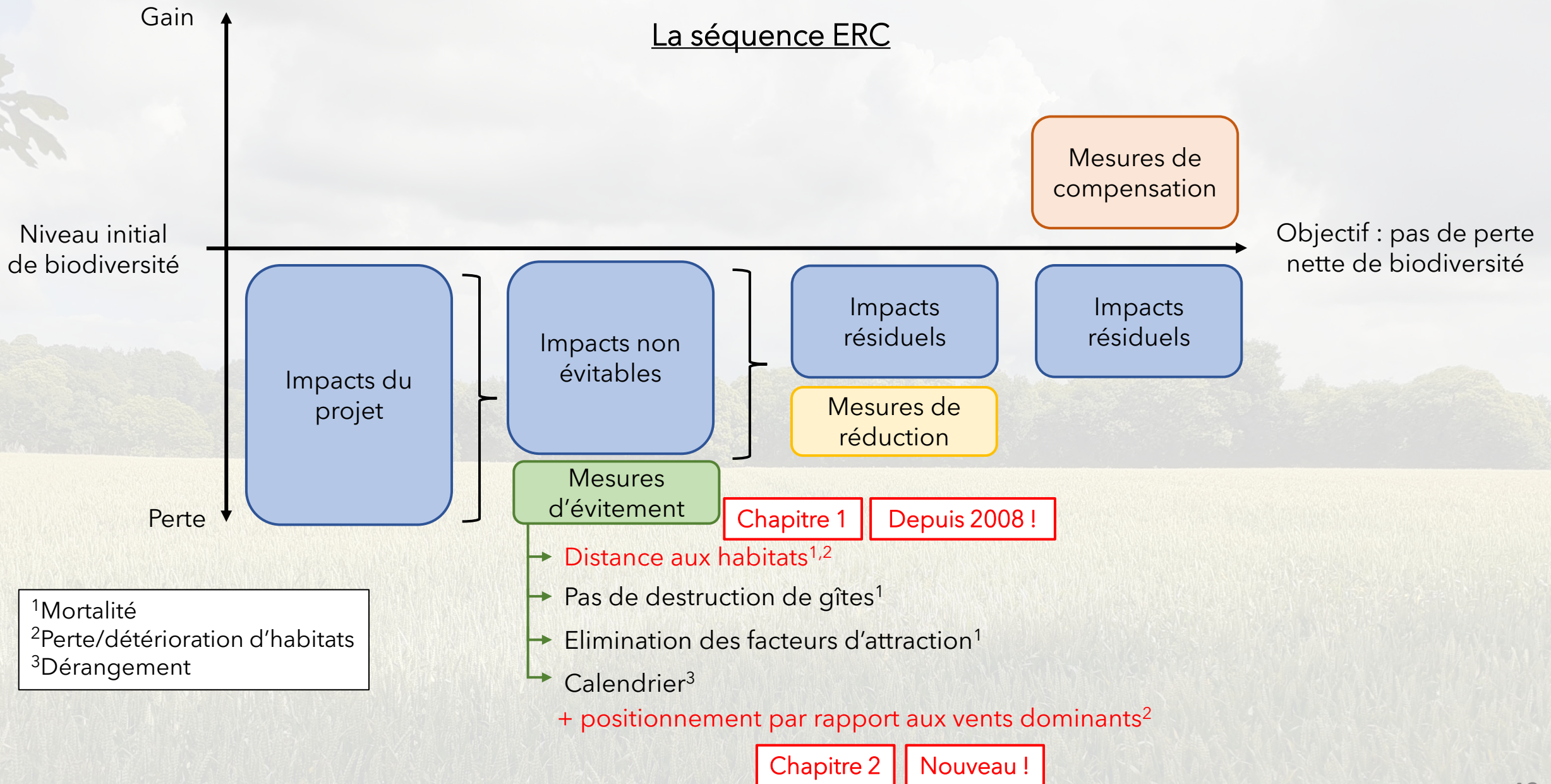


Positionner les éoliennes de façon à minimiser la quantité d'habitats située en aval de l'éolienne par rapport aux vents dominants

- ✓ Etude en 2D pour tenir compte de la verticalité des mouvements.
- ✓ Etude en 3D : modélisation de l'effet de sillage et suivi GPS.



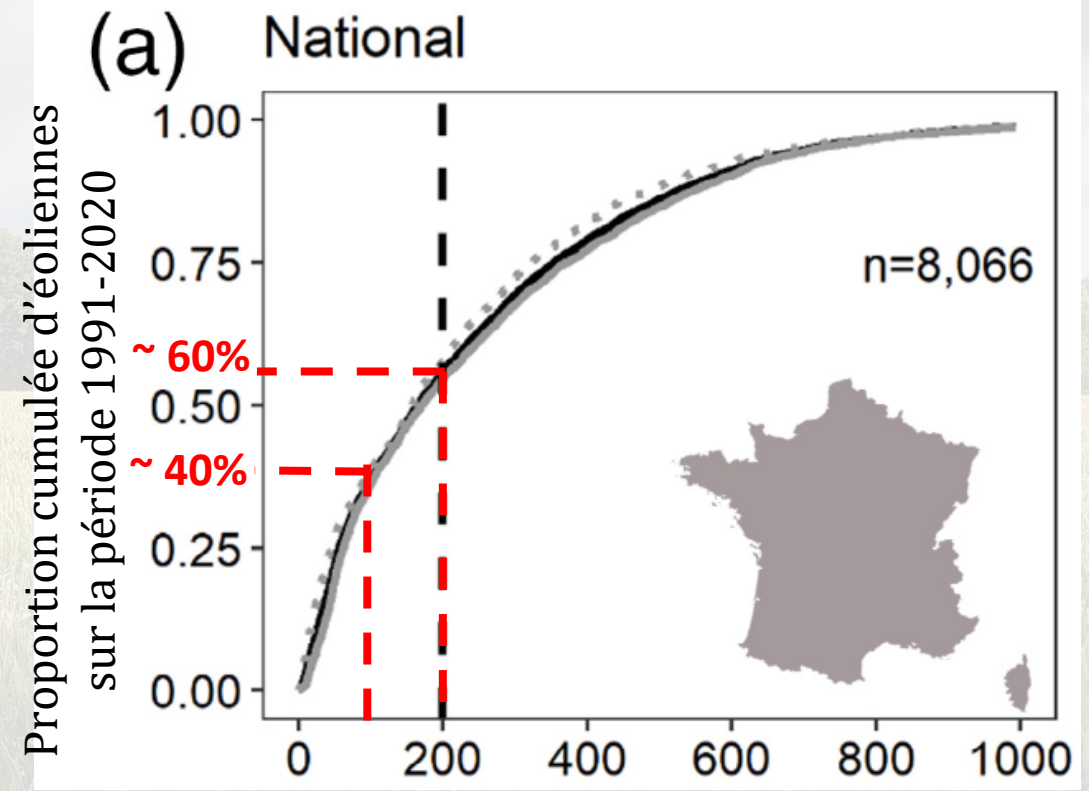
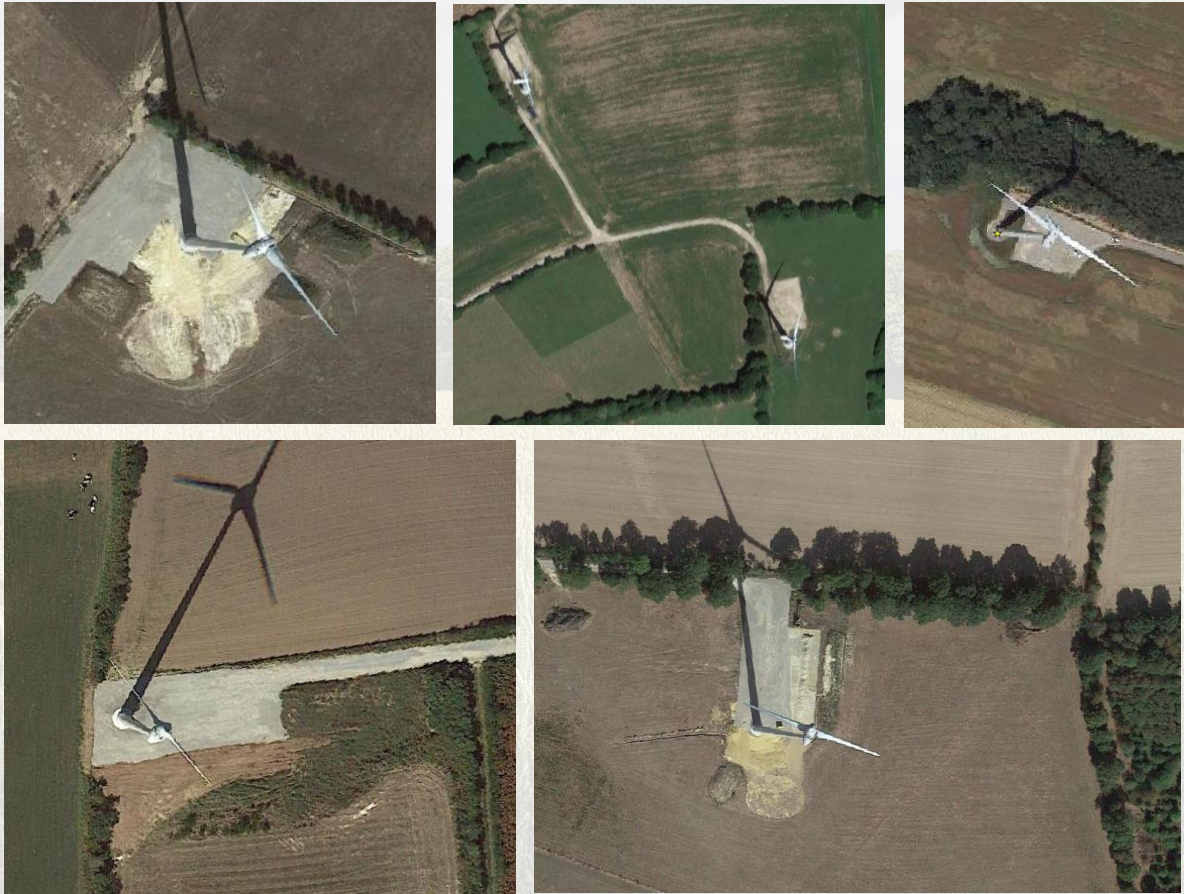




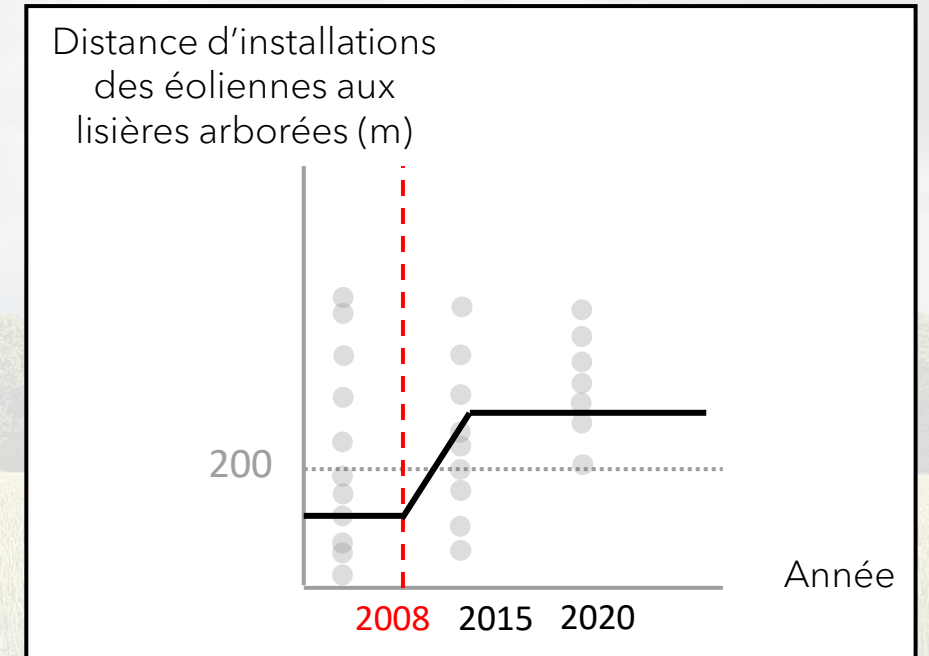
✓ Des recommandations peu respectées :

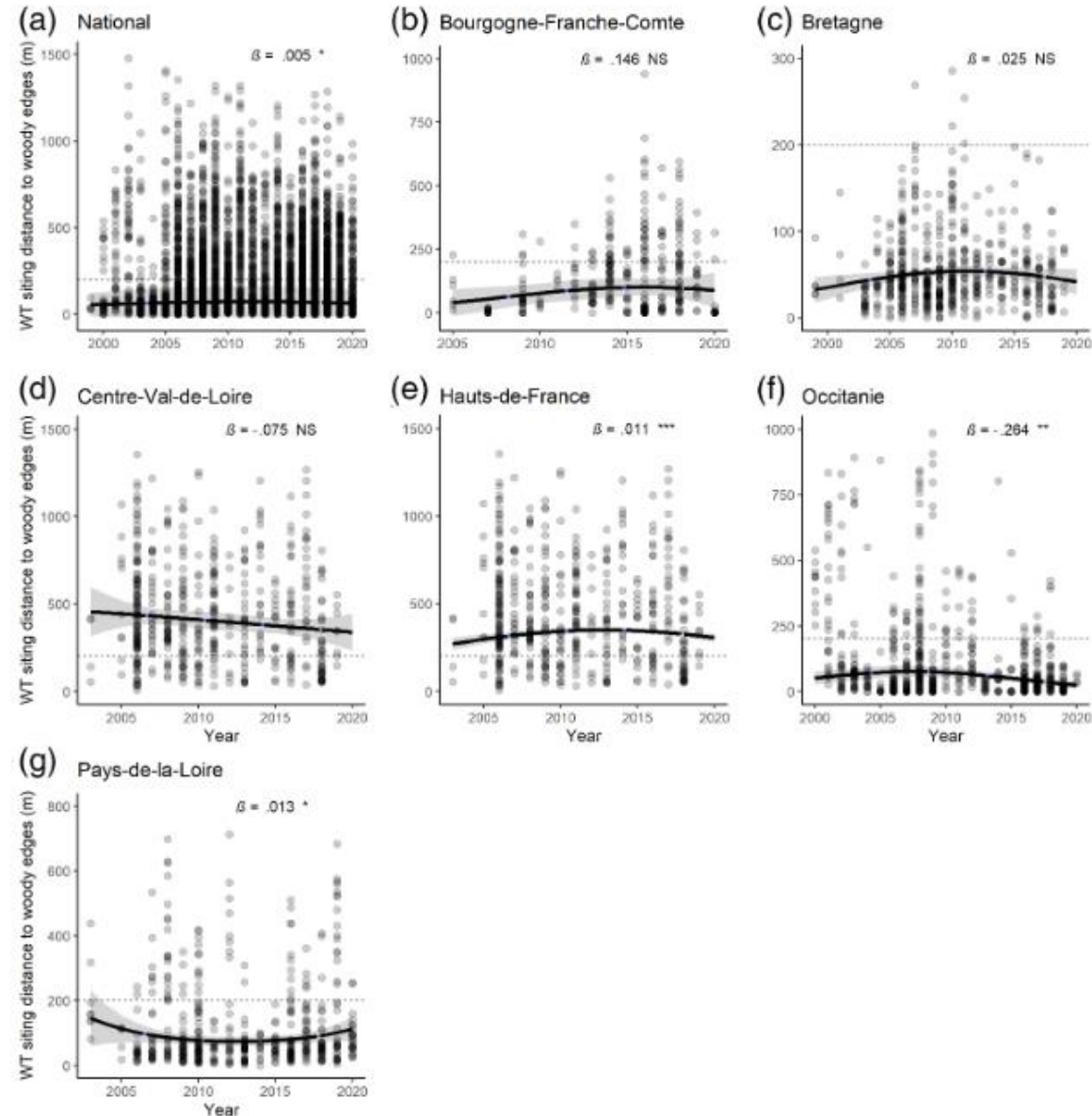
Barré, K, Froidevaux, J. S. P., **Leroux, C.**, Mariton, L., Fritze, M., Kerbiriou, C., Le Viol, I., Bas, Y. and Roemer, C. 2022. "Over a Decade of Failure to Implement UNEP/EUROBATS Guidelines in Wind Energy Planning: A Call for Action." Conservation Science and Practice, 4 (11): e12805. <https://doi.org/10.1111/csp2.12805>.

Eoliennes installées ≥ 2017

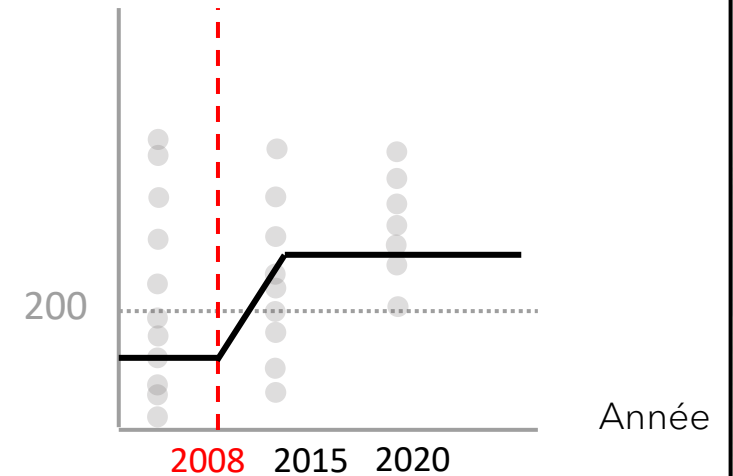


^(a)Rodrigues et al. 2015. "Guidelines for Consideration of Bats in Wind Farm Projects: Revision 2014." UNEP/EUROBATS. www.eurobats.org.





Distance d'installations
des éoliennes aux
lisières arborées (m)



→ Pas d'évolution au cours des années du
nombre d'éoliennes < 200 m des lisières.

Merci pour votre attention !

Partenaires techniques



Partenaires techniques & financiers



Porteurs du projet

