

# Plus d'une décennie d'échec dans l'application des lignes directrices du PNUE/EUROBATS pour la planification éolienne : un appel à l'action

## Résumé

La production d'énergie éolienne a augmenté de façon exponentielle au cours des 20 dernières années, et ce afin d'accroître la part d'énergie renouvelable produite à l'échelle mondiale. Ce processus a néanmoins trop souvent été mis en place aux dépens de la faune volante comme les oiseaux ou les chauves-souris. Les chauves-souris sont particulièrement menacées par les collisions éoliennes. L'accord PNUE/EUROBATS, qui est entré en vigueur en 1994 et qui est à ce jour ratifié par 37 pays, recommande que les parcs éoliens soient installés à plus de 200 m des lisières arborées pour limiter les risques de mortalité pour les Chiroptères. Toutefois, 14 ans plus tard, nous ignorons dans quelle mesure cette recommandation internationale a été appliquée en Europe. Nous avons donc évalué la distance entre les lisières arborées et les éoliennes dans les pays produisant le plus d'énergie éolienne parmi les parties du PNUE/EUROBATS : le Royaume-Uni, l'Allemagne et la France. Nous montrons que respectivement 61 %, 78 % et 56 % des éoliennes installées dans ces pays ne respectent pas les lignes directrices PNUE/EUROBATS, sans amélioration avec le temps. Nous avons identifié plusieurs raisons possibles pour expliquer ces résultats et nous formulons les recommandations suivantes pour parvenir à une meilleure application des lignes directrices PNUE/EUROBATS : 1. Les intégrer dans la législation, 2. En informer les autorités chargées des questions environnementales, 3. Mettre en place une planification stratégique et informée du choix des lieux d'installation des éoliennes.

## 1. Introduction

En 2021, le rapport conjoint de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES) et du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a conclu que « la perte de la biodiversité et le dérèglement climatique sont deux phénomènes provoqués par l'activité économique humaine qui s'alimentent mutuellement. Aucun de ces deux problèmes ne pourra être résolu s'ils ne sont pas abordés comme une seule problématique. » En accord avec les traités internationaux, comme l'Accord de Paris signé en 2016, et pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub>, l'utilisation d'éoliennes pour générer de l'électricité (dite « énergie éolienne ») a augmenté de façon exponentielle au cours des 20 dernières années. Elle représente encore aujourd'hui l'énergie « renouvelable » qui se développe le plus rapidement dans le monde (Conseil mondial de l'énergie éolienne GWEC, [2021](#)). Si les installations éoliennes ont peu d'impact au sol et provoquent très peu de perte directe d'habitat pour la faune, elles ont malgré tout un impact négatif sur la biodiversité, particulièrement pour les oiseaux et les chauves-souris. En effet, elles entraînent (1) la mortalité d'individus suite à des collisions, ce qui menace la survie des populations (Frick et al., [2017](#)) et (2) une diminution de l'attractivité des habitats proches des parcs éoliens (Barré et al., [2018](#)). Le challenge à concilier conservation de la biodiversité et production éolienne réside dans le fait que ses impacts écologiques s'étendent sur toute la durée de l'exploitation (généralement plus de 20 ans), et

qu'il est encore difficile d'évaluer avec précision quel sera cet impact avant installation (Katzner et al., [2019](#)). Pour limiter l'impact, les promoteurs éoliens doivent mettre en œuvre la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC), un cadre bien connu qui a pour but de contrer les impacts des projets à travers l'application de mesures d'évitement (ex. : des lieux où l'impact risque d'être important), de réduction (ex. : en augmentant le seuil de vent à partir duquel l'éolienne est démarrée, pour limiter le risque de collision) et, en dernier recours, de compensation (ex. : la création de nouveaux habitats ; BBOP, [2012](#) ; Gardner et al., [2013](#)). Par ailleurs, même lorsque les impacts sont clairement identifiés, la mise en place de la séquence ERC ne permet pas toujours d'éviter les risques (Lintott et al., [2016](#)). En effet, les mesures de réduction comme l'arrêt des éoliennes en cas de conditions météorologiques favorables aux Chiroptères ont une efficacité variable et toujours partielle (Adams et al., [2021](#) ; Whitby et al., [2021](#)), ce qui souligne que les mesures d'évitement sont à privilégier par rapport aux mesures de réduction et de compensation (Phalan et al., [2018](#)).

La stratégie d'évitement est une recommandation clef de l'Accord sur la conservation des populations de chauve-souris européennes (PNUE/EUROBATS), mis en place dans le cadre de la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ou Convention de Bonn (CMS). Les chauves-souris sont couvertes par la Directive Habitat de l'Union Européenne (92/43/EEC), ce qui en fait des espèces protégées dans tous les pays membres. Ces derniers doivent donc mettre en place des mesures pour éviter l'impact des éoliennes sur les Chiroptères. Le PNUE/EUROBATS a publié en 2003 sa première résolution sur *L'énergie éolienne et les populations de chauves-souris* (Résolution 4.7) mentionnant la nécessité de faire une étude d'impact avant de choisir les lieux d'implantation d'éoliennes. Elle a été remplacée en 2006 par la résolution 5.6 qui contient les premières *Lignes directrices en matière de planification et d'évaluation des impacts* recommandant d'implanter les éoliennes à plus de 200 m des lisières arborées (forêts et haies) afin de réduire les risques de mortalité pour les chauves-souris en Europe (Rodrigues et al., [2006](#)). D'autres résolutions ont suivi et des lignes directrices détaillées ont été publiées en 2008 avant d'être mises à jour en 2014, incluant systématiquement la recommandation concernant les zones tampons de 200 m (Rodrigues et al., [2015](#)). Les lisières arborées sont en effet des habitats de chasse et de transit clefs pour de nombreux Chiroptères (Bouhey et al., [2011](#) ; Froidevaux et al., [2019](#) ; Verboom et Huitema, [1997](#)). Malgré le fait qu'il n'existe encore aucune véritable évaluation des effets en matière de baisse de la mortalité des Chiroptères entraînée par la modification de la distance entre les éoliennes et les lisières arborées (Berthinussen et al., [2021](#)), la recommandation du PNUE/EUROBATS se base de toute évidence sur les meilleures données scientifiques disponibles sur le sujet et a été formulée comme un principe de précaution. De plus, trois études montrent que l'augmentation du couvert forestier autour des éoliennes et la distance avec les habitats forestiers sont parmi les facteurs principaux qui augmentent le risque de collision en Europe (Roemer et al., [2019](#) ; Rydell et al., [2010](#) ; Santos et al., [2013](#)). En outre, une étude récente a mis en évidence que les éoliennes placées à plus de 100 m des lisières arborées n'attirent plus les chauves-souris (Leroux et al., [2022](#)). Si aucun de ces articles n'a proposé de distance idéale d'implantation des éoliennes par rapport aux lisières arborées, de nombreuses autres recherches ont démontré que l'activité des chauves-souris, bien qu'elle ne soit pas une mesure directe du risque de collision, diminue lorsqu'on s'éloigne des lisières arborées, et que, à 200 m de ces lisières,

cette activité devient très basse pour la plupart des espèces de Chiroptères (Heim et al., 2017 ; Kelm et al., 2014).

L'accord PNUE/EUROBATS a été ratifié par 37 pays, qui doivent adopter et faire appliquer la législation et les mesures administratives nécessaires pour appliquer les lignes directrices. Malgré cela, une synthèse récente a montré que, dans la pratique, des lignes directrices pouvaient ne pas être suivies, et ce en dépit de solides bases scientifiques (Hunter et al., [2021](#)). Ainsi, près de 20 ans après la première résolution et 14 ans après la publication de la première édition des lignes directrices dans de nombreuses langues de l'UE, nous ne savons toujours pas dans quelle mesure les lignes directrices du PNUE/EUROBATS sont appliquées en Europe. Des premiers résultats de Barré et al. ([2018](#)) montrent que dans les régions avec une forte densité de haies, 89 % des éoliennes installées après 2008 ont été implantées à moins de 200 m des lisières arborées, mais, à ce jour, aucune étude n'a été menée à plus grande échelle. Étant donné que les populations de Chiroptères sont grandement fragilisées par la perte d'individus suite à des collisions avec des éoliennes, (Frick et al., [2017](#); Friedenberget Frick, [2021](#)) une évaluation à grande échelle du placement des éoliennes par rapport aux lisières arborées est d'une importance capitale.

Dans cet article, nous évaluons dans quelle mesure la recommandation du PNUE/EUROBATS de placer les éoliennes à plus de 200 m des lisières arborées a été appliquée. Nous avons étudié les trois plus gros producteurs d'énergie éolienne parmi les pays signataires de l'accord : le Royaume-Uni, l'Allemagne et la France, qui ont ratifié le PNUE/EUROBATS en 1992, 1993 et 1995 respectivement, et qui à eux seuls représentent 47 % de la capacité éolienne du continent européen (GWEC, [2021](#)). Nous identifions ensuite les causes probables des résultats et formulons des recommandations clés qui peuvent être mises en place à court terme pour une meilleure application des lignes directrices de l'accord.

## 2. Méthodologie pour évaluer l'application de la recommandation du PNUE/EUROBATS par les pays producteurs d'énergie éolienne

Pour déterminer dans quelle mesure la recommandation d'installer les éoliennes à plus de 200 m des lisières arborées est respectée, nous avons calculé la distance entre les parcs éoliens et les lisières arborées au Royaume-Uni, en Allemagne et en France. La méthodologie a dû être adaptée selon les pays. Au Royaume-Uni et en Allemagne, le manque de données concernant les haies à haute résolution spatiale à l'échelle nationale nous a obligé à mesurer manuellement les distances entre les lisières arborées et les éoliennes en nous basant sur des images satellites. Nous avons créé un échantillon aléatoire d'éoliennes (environ 1 000 par pays) en utilisant QGIS v.3.18.3 associé aux images satellites Google (cf. Information complémentaire [1](#) pour une explication détaillée). En France, nous avons utilisé les données haute résolution d'occupation des sols (cf. CES OSO, <http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/oso/>, résolution spatiale de 10 m) pour cartographier la couverture forestière. Nous nous sommes basés sur les données du dispositif national de suivi des bocages (IGN, BD Haie, <https://geoservices.ign.fr/>) pour cartographier les haies. Nous avons ensuite calculé automatiquement la distance euclidienne entre chacune des 8 066 éoliennes installées

jusqu'à 2020 et la zone forestière ou la haie la plus proche (cf. Information complémentaire [1](#) pour une explication détaillée). Par ailleurs, le calcul des distances étant automatisé pour la France, nous avons pu mener notre étude sur une période allant de 1991 à 2020 alors que pour l'Allemagne et le Royaume-Uni nous avons commencé nos estimations en 2009 (soit 1 an après la mise en place des lignes directrices du PNUE/EUROBATS) et terminé en 2020.

En nous basant sur ces calculs, nous avons ensuite évalué le nombre cumulé d'éoliennes par rapport à la distance avec les lisières arborées à l'échelle nationale dans les trois pays pour la période ayant suivi la première édition des lignes directrices (2009-2020). En France, ayant eu accès à une base de données plus détaillée, nous avons pu déterminer dans quelle mesure chaque région du pays respectait cette recommandation sur les périodes avant (1991–2008) et après (2009–2020) la publication initiale des lignes directrices PNUE/EUROBATS en 2008.

Pour finir, grâce au jeu de données exhaustif en France, nous avons évalué si les choix d'implantation d'éoliennes ont changé suite à la publication des lignes directrices européennes en 2008. Nous avons réalisé des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM, « glmmTMB » R-package ; Brooks et al., [2017](#)) avec une distribution négative binomiale pour gérer une distribution avec une asymétrie positive et une longue queue, et la surdispersion. La distance éolienne-lisières arborées a été incluse en tant que variable à expliquer alors que l'année d'installation et sa valeur au carré, permettant de détecter une éventuelle relation non-linéaire, sont considérées comme des variables explicatives. Nous avons appliqué des GLMM à la fois au niveau national et régional, mais nous n'avons étudié que les régions ayant mis à disposition assez d'informations sur les années de construction des éoliennes (Bourgogne–Franche-Comté, Bretagne, Centre-Val de Loire, Hauts-de-France, Occitanie et Pays de la Loire cf. Tableau 1). Afin de prendre en compte la dépendance intra-région et intra-parc dans les mesures, nous avons inclus un identifiant de parc éolien imbriqué dans les identifiants de régions et les avons inclus comme des effets aléatoires dans le modèle à l'échelle internationale. Pour la modélisation à l'échelle régionale, nous avons utilisé les identifiants de parcs éoliens seuls en tant qu'effet aléatoire. Étant donné que les résidus de la plupart des modèles étaient autocorrélés spatialement (test de l'indice de Moran avec p-value inférieure à 0,05), nous avons également ajouté une covariable spatiale « autocov » en tant que variable explicative dans ces modèles. En incluant cette nouvelle variable, l'indice de Moran n'était plus significatif (p-value supérieure à 0,05) (cf. les informations complémentaires [2](#) pour plus d'informations).

**Tableau 1 :** Résumé pour la France aux échelles nationale et régionale, et pour l'Allemagne et le Royaume-Uni aux échelles nationales, du nombre total d'éoliennes, du nombre d'éoliennes dont on connaît la date d'installation, et de la proportion d'éoliennes placées à moins de 200 m des lisières arborées sur la période de 1991-2020 et sur les périodes précédant et suivant la publication des lignes directrices du PNUE/EUROBATS.

| Pays        | Échelle                    | Nombre total d'éoliennes | Nombre d'éoliennes dont on connaît la date d'installation | Proportion d'éoliennes placées à moins de 200 m des lisières arborées |   |   |
|-------------|----------------------------|--------------------------|---|---|---|---|
|             |                            |                          |   | 1991-2020   | Avant les lignes directrices Eurobats de 2008 | Après les lignes directrices Eurobats de 2008 |
| Allemagne   | Échelle nationale          | 984 (échantillon)        | 984   | /   | /   | 0,78  |
| Royaume-Uni | Échelle nationale          | 818 (échantillon)        | 818   | /   | /   | 0,61  |
| France      | Échelle nationale          | 8066                     | 4658  | 0,58  | 0,62  | 0,56  |
|             | Auvergne-Rhône-Alpes       | 354                      | 5   | 0,90  | /   | 1,00  |
|             | Bourgogne – Franche-Comté  | 390                      | 345   | 0,74  | 0,95  | 0,70  |
|             | Bretagne                   | 618                      | 609   | 0,99  | 1,00  | 0,99  |
|             | Centre-Val-de-Loire        | 503                      | 503   | 0,23  | 0,18  | 0,25  |
|             | Corse                      | 30                       | 30  | 1,00  | 1,00  | /   |
|             | Grand-Est                  | 1654                     | 0   | 0,42  | NA  | NA  |
|             | Hauts-de-France            | 1971                     | 1764  | 0,33  | 0,37  | 0,32  |
|             | Île-de-France              | 43                       | 0   | 0,19  | NA  | NA  |
|             | Normandie                  | 529                      | 0   | 0,57  | NA  | NA  |
|             | Nouvelle-Aquitaine         | 533                      | 0   | 0,87  | NA  | NA  |
|             | Occitanie                  | 855                      | 820   | 0,81  | 0,73  | 0,85  |
|             | Provence-Alpes-Côte d'Azur | 68                       | 68  | 0,44  | 0,21  | 0,66  |
|             | Pays-de-la-Loire           | 518                      | 514   | 0,82  | 0,83  | 0,82  |

N.B. Étant donné que l'Allemagne et le Royaume-Uni ont été étudiés en nous basant sur des échantillons d'éoliennes installées après 2009 et sélectionnées de façon aléatoire, la proportion d'éoliennes placées à moins de 200 m des lisières arborées est disponible uniquement pour la période suivant la publication des lignes directrices du PNUE/EUROBATS.

### 3. Les trois principaux producteurs d'énergie éolienne européens ne respectent pas la recommandation du PNUE/EUROBATS

Nos résultats montrent qu'après la publication des lignes directrices de 2008, 61 %, 78 % et 56 % des éoliennes du Royaume-Uni, d'Allemagne et de France, respectivement, ont été installées à moins de 200 m des lisières arborées, et n'appliquent donc pas la recommandation (cf. Figure [1](#) et Tableau [1](#)). Dans ces trois pays, certaines éoliennes ont même été installées à l'intérieur des forêts après 2008 (3 % des éoliennes au Royaume-Uni, 13 % en Allemagne, et 3 % en France). En France, sur la période 1991-2020, la proportion d'éoliennes implantée à moins de 200 m des lisières arborées varie entre 19 et 90 % en fonction de la région étudiée (cf. Figure [2](#) ; Tableau [1](#)) et ces pourcentages sont très similaires qu'il s'agisse de haies ou de lisières forestières (cf. figure [2](#)). Les distances d'implantation n'ont pas augmenté de façon significative au cours du temps. En effet, la proportion d'éoliennes installée à moins de 200 m des lisières arborées n'est passée que de 62 % avant 2008 à 59 % après 2008 (cf. Tableau [1](#)). Il n'y a pas non plus eu d'améliorations à l'échelle locale. (Figure [3](#) ; Tableau [2](#) et Informations complémentaires [S2](#)) Selon les régions, entre 25 % et 100 % des éoliennes installées après 2008 ne respectent pas la recommandation PNUE/EUROBATS. Notre analyse de l'évolution du placement des éoliennes au cours du temps ne prend pas en compte trois régions ayant pourtant un grand nombre d'éoliennes, car les informations sur les dates de construction n'étaient pas accessibles au public (en contradiction avec la directive 2003/4/CE concernant l'accès du public à l'information en matière d'environnement). Ces régions sont le Grand-Est, la Normandie, et la Nouvelle-Aquitaine, où la proportion d'éoliennes installées à moins de 200 m des lisières arborées est respectivement de 42, 57 et 87 % (cf. Tableau [1](#)). Bien que nous soyons conscients du fait que certains projets de construction éoliens implantés dans les trois pays entre 2009 et 2010 puissent avoir été approuvés avant la publication des lignes directrices du PNUE/EUROBATS (2008), cela n'a pas de réel impact sur les résultats, et ce pour deux raisons. Premièrement, la proportion d'éoliennes installée sur ces deux années ne représente qu'une petite partie (11 %) du nombre total construit sur la période 2009-2020. Deuxièmement, le pourcentage des éoliennes installées à moins de 200 m des lisières arborées reste très élevé (de 31 % à 63 % avec une moyenne de 44 %) chaque année entre 2009 et 2020 (Tableau [S3](#)).

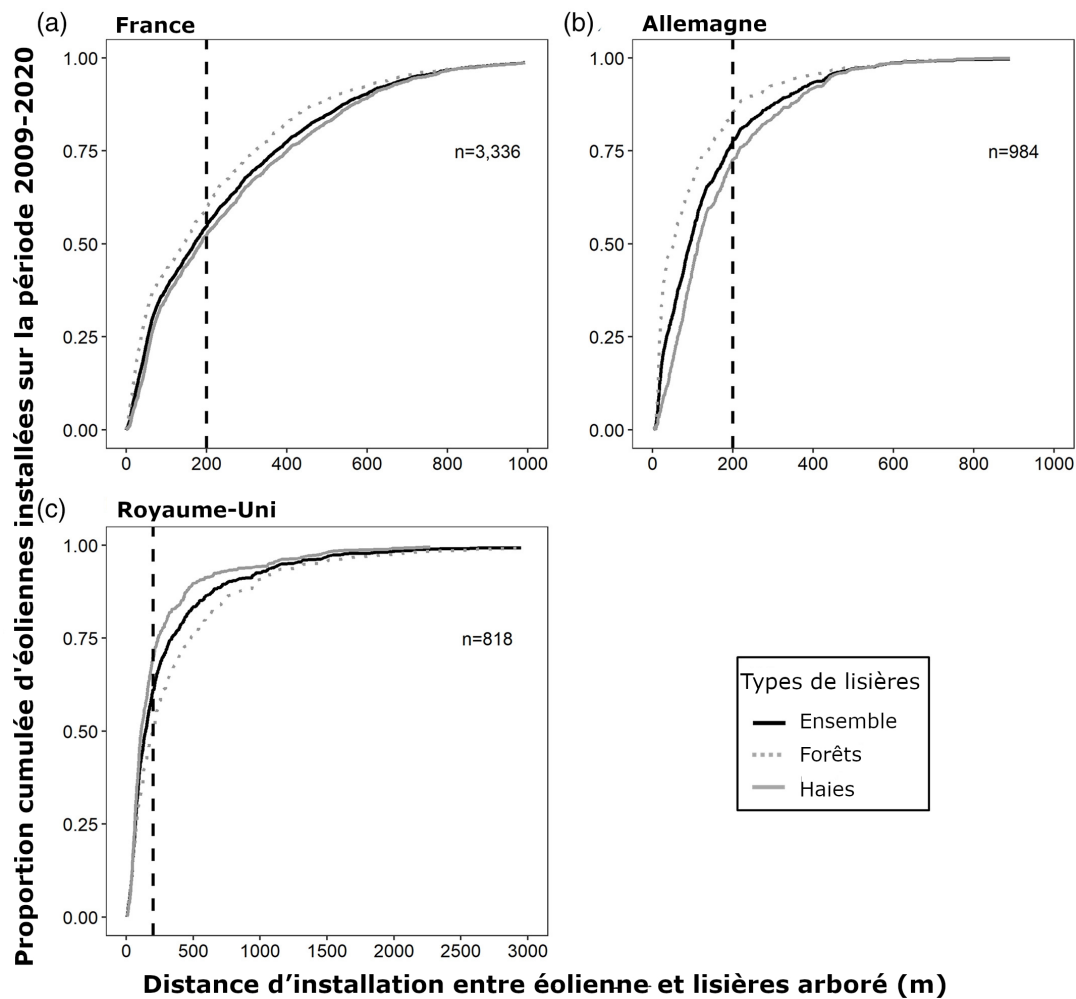


Figure 1 : Proportion cumulée des éoliennes en activité depuis 2009 en fonction de la distance entre éoliennes et lisières arborées en France (a), en Allemagne (b) et au Royaume-Uni (c). Les lignes en pointillés verticales représentent la distance minimum recommandée par le PNUE/EUROBATS entre les éoliennes et les lisières arborées (200 m).



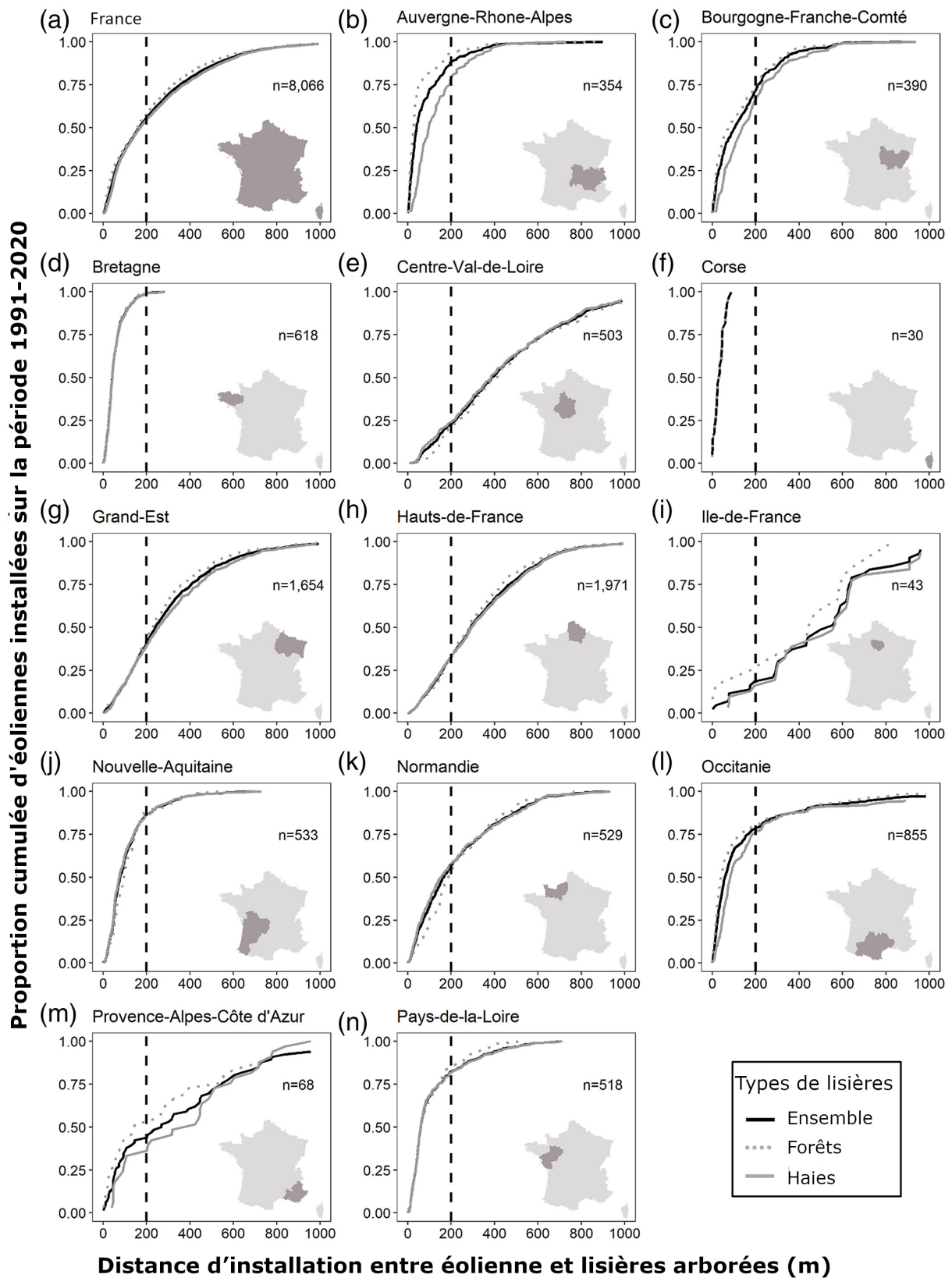


Figure 2 : Proportion cumulée des éoliennes en activité entre 1991 et 2020 en France en fonction de la distance entre éoliennes et lisières arborées à l'échelle nationale (a) et régionale (b à n). Les lignes en pointillés verticales représentent la distance minimum recommandée par le PNUE/EUROBATS entre les éoliennes et les lisières arborées (200 m).



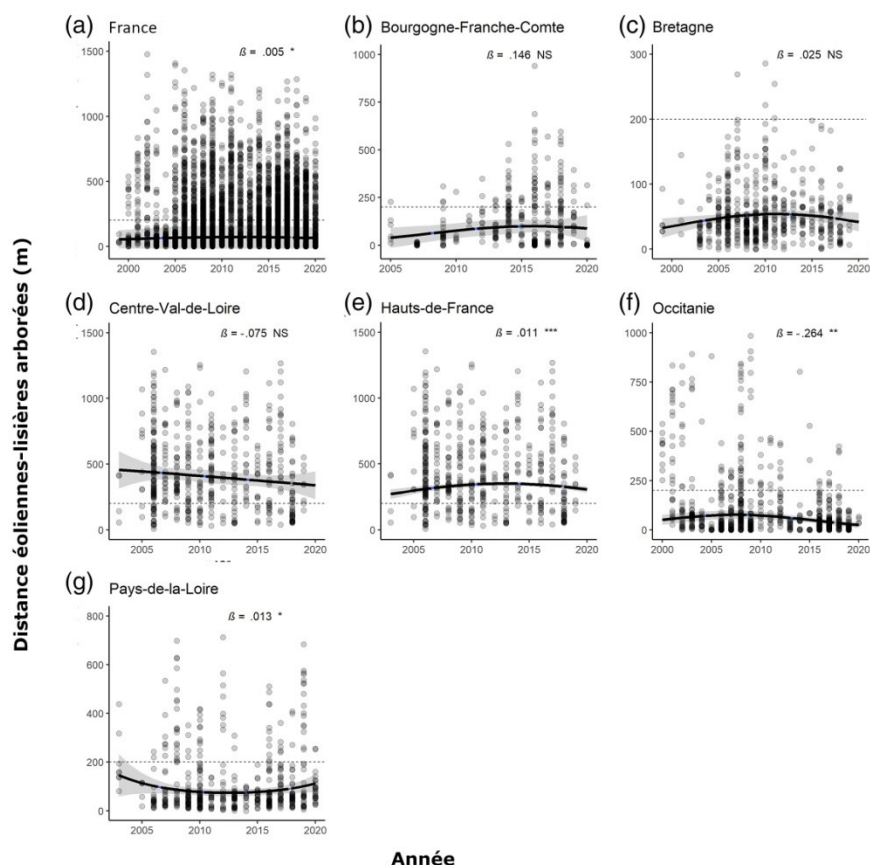


Figure 3 : Distance éoliennes-lisières arborées en France en fonction de l'année d'installation à l'échelle nationale (a) et régionale (b à g). Les lignes noires continues représentent les prédictions des GLMM, les zones grises correspondent à des intervalles de confiance de 95 %. Les lignes en pointillés horizontales représentent la distance minimum recommandée par le PNUE/EUROBATS entre les éoliennes et les lisières arborées (200 m). Les paramètres  $\beta$  et le seuil de signification (\*\* $p < .001$ , \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$ , NS non significatif avec  $p \geq .05$ ) sont indiqués sur chaque figure.

| Variables          | Échelle nationale              |       | Bourgogne-Franche-Comté        |       | Bretagne                       |       | Centre-Val de Loire            |       | Hauts-de-France                |       | Occitanie                      |       | Pays de la Loire               |       |
|--------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
|                    | $\beta \pm \text{erreur type}$ | $p$   | $\beta \pm \text{erreur type}$ | $p$   | $\beta \pm \text{erreur type}$ | $p$   | $\beta \pm \text{erreur type}$ | $p$   | $\beta \pm \text{erreur type}$ | $p$   | $\beta \pm \text{erreur type}$ | $p$   | $\beta \pm \text{erreur type}$ | $p$   |
| Intercept          | 4,22<br>$\pm 0,65$             | <.001 | 4,51<br>$\pm 0,141$            | <.001 | 3,92<br>$\pm 0,04$             | <.001 | 6,00<br>$\pm 0,04$             | <.001 | 5,80<br>$\pm 0,02$             | <.001 | 4,02<br>$\pm 0,11$             | <.001 | 4,45<br>$\pm 0,07$             | <.001 |
| Année              | 33,86<br>$\pm 14,81$           | .022  | 108,98<br>$\pm 135,37$         | .421  | 58,90<br>$\pm 32,41$           | .070  | 4,09<br>$\pm 43,14$            | .924  | 49,84<br>$\pm 14,80$           | <.001 | 168,41<br>$\pm 58,20$          | .004  | -134,16<br>$\pm 62,43$         | .032  |
| Année <sup>2</sup> | -33,85<br>$\pm 14,80$          | .022  | -108,84<br>$\pm 135,37$        | .421  | -58,87<br>$\pm 32,41$          | .070  | -4,17<br>$\pm 43,14$           | .923  | -49,83<br>$\pm 14,80$          | <.001 | -168,67<br>$\pm 58,24$         | .004  | 134,17<br>$\pm 62,43$          | .032  |
| Autocov            | 0,02<br>$\pm 0,01$             | .102  | 0,51<br>$\pm 0,10$             | <.001 | -                              | -     | 0,32<br>$\pm 0,03$             | <.001 | 0,03<br>$\pm 0,02$             | .129  | 0,27<br>$\pm 0,03$             | <.001 | -                              | -     |

Tableau 2 : Paramètres estimés, erreurs types, et p-values pour l'effet de l'année, l'année au carré, et la covariable « autocov » (prenant en compte l'autocorrélation spatiale) pour les distances éoliennes-lisières arborées en France tirées du GLMM à l'échelle nationale et régionale en France.

#### 4. Raisons probables entraînant l'installation des éoliennes près des lisières arborées

Absence de l'intégration des lignes directrices PNUE/EUROBATS dans la législation nationale

Le PNUE/EUROBATS est un accord international environnemental ratifié par 37 pays qui s'engagent à protéger les chauves-souris et leurs habitats. Néanmoins, comme cela est précisé dans l'article IV de l'Accord sur la conservation des populations de chauves-souris européennes (Londres, 1991), pour que ces ratifications aient des conséquences, ces pays doivent adopter et mettre en application « *toutes mesures législatives et administratives nécessaires pour rendre effectives les dispositions [de l'] Accord.* », par ailleurs « *les dispositions [de l'] Accord ne portent atteinte en aucune façon au droit des Parties d'adopter des mesures plus strictes pour la conservation des chauves-souris* ». Ainsi, comme pour de nombreux autres accords, il appartient aux états de mettre en place la législation adéquate, et si cela n'est pas fait, il n'y a probablement pas de réelles conséquences pour ces états. La non-application d'accords environnementaux est un problème récurrent (Kellenberg et Levinson, [2014](#) ; Ringquist et Kostadinova, [2005](#)). En effet, même si la séquence ERC pour les projets éoliens est incluse dans les législations britannique, allemande et française, ce n'est pas le cas de la recommandation clé du PNUE/EUROBATS sur la distance entre les éoliennes et les lisières arborées.

La séquence ERC a été incluse dans les lignes directrices nationales ou fédérales pour guider les administrations en charge des études d'impacts environnementaux des parcs éoliens. Le document britannique intitulé *Bats and onshore wind turbines—survey, assessment and mitigation* [Chauves-souris et éolienne terrestre – diagnostic, évaluation et atténuation] (NatureScot et al., [2021](#)) mentionne la recommandation PNUE/EUROBATS, mais soutient qu'une zone tampon de 50 m autour des lisières arborées est suffisante dans la plupart des situations présentant peu de risques. Dans ces conditions, il est probable que les lignes directrices nationales prennent le pas sur les lignes directrices du PNUE/EUROBATS. Nous avons calculé que 15 % des éoliennes du Royaume-Uni ont été installées à moins de 50 m des lisières arborées. En France, en 2020, le *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens* publié par le Ministère de la Transition Écologique se contente de mentionner les lignes directrices du PNUE/EUROBATS tout en précisant qu'elles ne sont pas contraignantes. Il mentionne toutefois qu'en cas de non-respect de ces lignes directrices, il convient que ce choix soit argumenté et que l'absence d'enjeux chiroptérologiques soit démontrée. Le guide français ne précise néanmoins pas que la distance recommandée par le PNUE/EUROBATS est de 200 m, et ne rappelle pas les justifications écologiques qui permettraient de la prendre au sérieux. Ainsi, ce texte n'encourage pas vraiment à se conformer aux lignes directrices PNUE/EUROBATS. De même, en Allemagne, il existe des lignes directrices dans chacun des 16 états fédérés et une minorité d'entre elles recommande d'installer les éoliennes à plus de 200 m des lisières arborées (Hurst et al., 2015). Toutefois, dans les débats actuels sur la réglementation en matière de planification éolienne (ex. : les versions mises à jour des lignes directrices fédérales), il existe une forte volonté politique de diminuer les zones tampons et d'augmenter le nombre d'éoliennes dans

les forêts (Bunzel et al., [2019](#)). Il semble donc peu probable que l'Allemagne se mette à respecter les lignes directrices PNUE/EUROBATS dans le futur.

#### Manque de connaissances, de formation et de moyens des autorités environnementales

Le contenu des lignes directrices du PNUE/EUROBATS n'est pas repris dans les textes législatifs nationaux ou fédéraux. Il est donc probable que le personnel travaillant pour les autorités chargées de délivrer les permis et d'évaluer l'impact environnemental de projets éoliens ne soit simplement pas au courant de leur contenu exact. De plus, les responsables n'ont pas forcément les compétences et les capacités nécessaires pour appuyer leurs décisions sur la littérature scientifique, alors même que les lignes directrices du PNUE/EUROBATS ont été traduites et publiées dans de nombreuses langues. Cette situation est d'ailleurs un problème récurrent en conservation (Downey et al., [2021](#)).

#### Structure paysagère

Le lieu d'implantation d'éoliennes est souvent choisi en fonction de critères financiers ou politiques plutôt qu'en fonction de critères écologiques trouvant leur source dans la littérature scientifique (Burke et Stephens, [2018](#)). En effet, au moment de sélectionner un emplacement, les promoteurs éoliens sont légalement tenus d'éviter les « zones d'exclusions » (ex. : les routes, les lignes haute tension, les bases militaires, les zones urbaines, les autres parcs éoliens ; Staid et Guikema, [2013](#)). Une fois toutes ces zones éliminées, trouver un endroit à plus de 200 m d'une lisière arborée devient une contrainte très lourde, et pourtant, limiter l'impact sur la biodiversité est également une obligation légale. D'après nos résultats, 99 % des éoliennes de Bretagne (une région avec une densité de haies de 63,24 m/ha) ne respectent pas la recommandation du PNUE/EUROBATS, alors qu'en Centre-Val-de-Loire, une région avec une densité de haies de 23,74 m/ha, ce pourcentage n'atteint que 25 %.

Par ailleurs, les impacts écologiques locaux n'entrent en compte que très tard dans le processus de planification de l'installation, à un moment où les options en matière de lieu d'implantation sont déjà réduites, ce qui limite les possibilités d'éviter l'impact des éoliennes sur la faune (Phalan et al., [2018](#)). Cela pousse les décideurs à se rabattre directement sur des mesures de réduction plutôt que sur des mesures d'évitement. Toutefois, les mesures de réduction ont une efficacité partielle, que cela soit les stratégies d'arrêt des éoliennes (Adams et al., [2021](#) ; Whitby et al., [2021](#)) ou d'effarouchement acoustique courte distance (Gilmour et al., [2020](#)). Ce constat souligne le besoin fort de mettre la priorité sur les mesures d'évitement, comme celles prévues par le PNUE/EUROBATS.

### 5. Recommandations pour l'installation des futures éoliennes éloignées des lisières arborées

Afin de respecter l'accord PNUE/EUROBATS et d'atteindre les buts fixés en matière de conservation des chauves-souris, nous émettons quatre recommandations. Premièrement, nous invitons les états membres à intégrer de toute urgence les lignes directrices du PNUE/EUROBATS dans leur législation, particulièrement les

recommandations en matière de distance éoliennes-lisières arborées. Deuxièmement, les directives nationale et régionale doivent être mises à jour pour mentionner de façon explicite les lignes directrices du PNUE/EUROBATS afin d'offrir des informations précises et détaillées aux preneurs de décisions. Troisièmement, nous conseillons aux autorités environnementales et aux autorités chargées de délivrer les permis d'investir dans la formation scientifique de leur personnel pour s'assurer qu'il ait l'expertise, les compétences, les capacités et l'influence nécessaires pour garantir des décisions basées sur des fondements scientifiques et sur les lignes directrices nationales et internationales pour la préservation des Chiroptères. Par ailleurs, il serait intéressant de faire plus de recherches sur la relation entre la distance éolienne-lisières arborées et les risques de collision en fonction du contexte paysager et de la zone biogéographique. Bien entendu, cette incertitude ne devrait en aucun cas justifier la non-application de la recommandation actuelle. Enfin, nous préconisons la prise en compte des enjeux écologiques de façon stratégique dès le début du processus de planification, bien avant que les demandes de permis ne soient déposées, quand toutes les options sont encore ouvertes. À cette fin, la distance éolienne-lisières arborées et par extension la distance à laquelle peuvent être plantés des arbres doit être mise au centre des mesures d'évitement, avant même de déterminer les zones d'implantation envisagées. Des cartes sur lesquelles les zones situées à plus de 200 m des lisières arborées (forêts ou haies) sont mises en évidence aideraient les autorités environnementales à identifier les études d'impact qui ne sont pas en conformité avec les lignes directrices PNUE/EUROBATS. Néanmoins, mieux anticiper le placement des éoliennes est une mesure qui doit être complétée par la prise en compte des routes migratoires des Chiroptères, et plus généralement de la probabilité de présence des Chiroptères compte tenu des variables d'habitat (Voigt et al., [2016](#)). La modélisation de la distribution des espèces de chauves-souris pourrait être développée au niveau régional, national et continental afin d'identifier les zones où l'implantation d'éolienne doit être évitée, en s'inspirant d'exemples aux États-Unis (Wieringa et al., [2021](#)), en Écosse (Newson et al., [2017](#)) ou encore en Italie.

### Conclusion

Nous avons démontré qu'il existe des solutions pour permettre une meilleure application des lignes directrices PNUE/EUROBATS. Néanmoins, elles ne seront peut-être pas suffisantes, particulièrement dans les régions à forte densité de lisières arborées. Nous invitons donc les états à repenser leurs stratégies en matière de répartition de production d'énergie renouvelable sur leur territoire, et à se poser la question suivante : est-il raisonnable de chercher à répartir de façon équitable la production d'électricité éolienne sur le territoire ? Cette stratégie peut en effet s'expliquer par la volonté des états de proposer un accès égal à l'énergie renouvelable à toutes les sous-divisions administratives de leur pays. Produire de l'énergie à l'échelle locale est recommandable (Koirala et al., [2016](#)). Il est néanmoins possible d'atteindre cet objectif en mettant l'accent sur une énergie renouvelable adaptée au paysage, en installant des éoliennes dans les champs et des panneaux solaires sur les toits dans les zones avec une forte densité de zones boisées. Par ailleurs, la présence de zones boisées n'étant pas un bon indicateur de risques de collision pour les espèces de chauves-souris migratrices, le respect des lignes directrices du PNUE/EUROBATS pourrait ne pas suffire à les protéger (Roemer et al., [2019](#)). Dans ce cas, il pourrait être nécessaire de mettre en place

d'autres mesures pour les protéger, comme l'arrêt des éoliennes en fonction de la météo, de la période de l'année ou de l'heure de la nuit (Behr et al., [2017](#)). Enfin, il est maintenant bien établi que la quantité d'énergie consommée augmente de façon disproportionnée par rapport à la croissance de la population, ce qui met en danger notre bien-être futur (Pasten et Santamarina, [2012](#)). Nous rappelons donc les recommandations de l'IPBES et du GIEC de réduire notre consommation et notre production d'électricité, afin d'éviter la nécessité d'installer plus d'éoliennes que la biodiversité ne peut en supporter.

### Contributions des auteurs

Conception de l'idée : Kévin Barré, Jérémy S.P. Froidevaux, et Charlotte Roemer. Collections des données en France et au Royaume-Uni : Kévin Barré, Jérémy S.P. Froidevaux, et Charlotte Roemer. Analyse des données : Kévin Barré, Jérémy S.P. Froidevaux, et Charlotte Roemer. Rédaction du manuscrit : Kévin Barré, Jérémy S.P. Froidevaux, et Charlotte Roemer. Calcul des distances entre les éoliennes et les lisières arborées : Kévin Barré, Jérémy S.P. Froidevaux, Charlotte Roemer, Camille Leroux, et Léa Mariton. Collecte des données *shapefile* pour l'Allemagne : Marcus Fritze. Chacun des auteurs a participé à l'élaboration de ce manuscrit et a approuvé la version finale avant la soumission de l'article. Traduction : Pénélope Caballero. Relecture de la traduction : Jérémy Hetzel (DREAL Hauts-de-France), Jérémy Bachmann (DREAL Hauts-de-France) et Charlotte Roemer (CESCO).

### Remerciements

Kévin Barré est subventionné par l'Agence de la transition écologique, Jérémy S. P. Froidevaux est subventionné par SAD-Région Bretagne et par le Leverhulme Trust sous la forme d'une bourse de postdoctorat de début de carrière (référence : ECF-2020-571), Charlotte Roemer est subventionnée par l'Office Français de la Biodiversité (OFB), Camille Leroux est subventionnée par l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT ; Bourse n° 2019/1566) et par Auddicé biodiversité. Léa Mariton est subventionnée par l'Institut de la transition environnementale de l'alliance Sorbonne Université (SU-ITE). Les auteurs remercient Jan Collins (Bat Conservation Trust) pour son retour et pour sa relecture de l'article.

### Conflit d'intérêts

Auddicé biodiversité est un bureau d'études environnemental qui réalise des études d'impact sur éolien, et qui subventionnait Camille Leroux au moment où nous avons soumis cet article. Aussi Camille Leroux déclare un conflit d'intérêts. Auddicé biodiversité n'a pas participé à la préparation, à l'analyse, à l'interprétation, au commentaire des résultats ou à la décision de les publier. Les auteurs assument l'entière responsabilité de leur analyse, de leur interprétation et de leur commentaire. Ils déclarent n'avoir aucun autre conflit d'intérêts.