



**HAL**  
open science

## Exposition de la population au bruit émis par les éoliennes en France métropolitaine

Anne Sophie Evrard, David Ecotiere, Patrick Demizieux, Lise Giorgis-Allemand, Gwenaël Guillaume

► **To cite this version:**

Anne Sophie Evrard, David Ecotiere, Patrick Demizieux, Lise Giorgis-Allemand, Gwenaël Guillaume. Exposition de la population au bruit émis par les éoliennes en France métropolitaine. *Environnement, Risques & Santé*, 2022, 21 (5), pp.355-360. 10.1684/ers.2022.1675 . hal-04061993

**HAL Id: hal-04061993**

**<https://hal.science/hal-04061993>**

Submitted on 7 Apr 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Article original : **Exposition de la population au bruit émis par les éoliennes en France métropolitaine**

### Original article: **Exposure of the population to noise from wind turbines in metropolitan France**

#### **Auteurs :**

Anne-Sophie Evrard<sup>1</sup> ([anne-sophie.evrard@univ-eiffel.fr](mailto:anne-sophie.evrard@univ-eiffel.fr)), David Écotière<sup>2</sup> ([david.ecotiere@cerema.fr](mailto:david.ecotiere@cerema.fr)), Patrick Demizieux<sup>2</sup> ([patrick.demizieux@laposte.net](mailto:patrick.demizieux@laposte.net)), Lise Giorgis-Allemand<sup>1</sup> ([lise.giorgis-allemand@univ-eiffel.fr](mailto:lise.giorgis-allemand@univ-eiffel.fr)), Gwenaël Guillaume<sup>2</sup> ([gwenael.guillaume@cerema.fr](mailto:gwenael.guillaume@cerema.fr))

#### **Affiliations des auteurs :**

<sup>1</sup> Univ Lyon, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, Univ Lyon 1, Umrestte, UMR-T9405, Bron, France

<sup>2</sup> Umrae, CEREMA, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, Strasbourg, France

#### **Adresse pour la correspondance :**

Anne-Sophie Evrard,

Université Gustave Eiffel, Campus de Lyon, Cité des Mobilités, 25 Avenue François Mitterrand, F-69675, Bron, France

E-mail : [anne-sophie.evrard@univ-eiffel.fr](mailto:anne-sophie.evrard@univ-eiffel.fr)

Téléphone : 04 72 14 24 63

## Résumé

**Contexte** – Les lignes directrices de l’OMS relatives au bruit environnemental soulignent que les preuves concernant les effets sur la santé du bruit émis par les éoliennes sont soit inexistantes soit de faible qualité. Dans ce contexte, une étude de faisabilité a été conduite en France en 2017.

**Objectif** – L’objectif était de proposer une méthodologie de calcul du bruit éolien pour déterminer le nombre de riverains exposés à différents niveaux de bruit audibles d’éoliennes et estimer ainsi les enjeux en termes de santé publique si des effets sur la santé venaient à être démontrés.

**Matériel et méthodes** – Le choix du modèle de prévision du bruit Harmonoise a été validé en comparant des prévisions issues de ce modèle avec des mesures réalisées au cours d’une campagne sur un parc éolien. Les niveaux d’exposition déterminés à partir de ce modèle ont ensuite été croisés avec le nombre de personnes habitant à proximité des parcs éoliens. Le nombre de personnes exposées pour des conditions de propagation typiques de périodes diurne et nocturne a ainsi été déterminé à l’échelle de la métropole, et de chaque région française.

**Résultats** – Comparativement à d’autres sources de bruit environnemental (les transports notamment), l’exposition au bruit des éoliennes est très modérée, avec plus de 80% de la population exposée qui l’est à des niveaux inférieurs à 40 dBA. Le nombre total de personnes exposées à plus de 30 dBA est d’environ 686 000 personnes pour des conditions de propagation diurne, et 722 000 personnes pour celles nocturnes, soit 1% de la population française métropolitaine en 2017.

**Conclusion** – Ces résultats constituent la première évaluation de l’exposition des populations au bruit produit par les éoliennes en France métropolitaine.

**Mots-clés** : Bruit / Éoliennes (ne figure pas dans le thesaurus) / Exposition environnementale.

## **Abstract**

**Context** – The WHO guidelines on environmental noise highlight that evidence on the health effects of wind turbine sound levels is either non-existent or of poor quality. In this context, a feasibility study was conducted in France in 2017.

**Objective** – The objective was to suggest a methodology for calculating wind turbine noise in order to quantify the number of windfarms' residents exposed to different levels of audible noise from wind turbines and to estimate the public health implications if health effects were to be demonstrated.

**Material and methods** – The selection of the Harmonoise noise prediction model was validated by comparing predictions from this model with measurements taken during a campaign on a wind farm. The exposure levels determined from this model were then cross-referenced with the number of people living near wind farms. The number of people exposed to noise produced by wind turbines for typical daytime and nighttime propagation conditions was thus determined for metropolitan France and for each French region.

**Results** – Compared to other sources of environmental noise (e.g. transportation), exposure to wind turbine noise is very moderate, with more than 80% of the exposed people exposed to sound levels below 40 dBA. The total number of people exposed to more than 30 dBA is about 686,000 and 722,000 people for daytime and night-time respectively, i.e. about 1% of the French population in 2017.

**Conclusion** – These results are the first assessment of noise exposure from wind turbines on the scale of the entire metropolitan French territory.

**Key words:** Noise / Wind turbine (not included in the thesaurus) / Environmental exposure.

## Introduction

L'énergie éolienne est en pleine expansion en France, comme partout ailleurs dans le monde.

Des règles précises gouvernent la conception et l'implantation des éoliennes afin de limiter le bruit qu'elles produisent lorsqu'elles fonctionnent. Mais la population riveraine de ces installations s'interroge sur les impacts sanitaires du bruit émis par les éoliennes.

La plupart des études ont trouvé une association positive significative entre les niveaux de bruit audible émis par les éoliennes et le pourcentage de personnes très gênées [1]. Très peu d'études ont examiné les effets du bruit éolien sur les troubles du sommeil, les maladies cardiovasculaires, les systèmes métaboliques ou endocriniens, la cognition ou la santé mentale.

Les lignes directrices de l'OMS relatives au bruit environnemental publiées fin 2018 soulignent ainsi que les preuves concernant les effets sur la santé du bruit émis par les éoliennes sont soit inexistantes soit de faible qualité [2]. En effet, jusqu'à présent, peu d'études épidémiologiques ont recherché les effets du bruit audible des éoliennes, et la plupart présentent des lacunes méthodologiques qui rendent leurs résultats discutables [3]. Ainsi, il n'est pour l'instant pas possible de conclure quant à l'impact du bruit des éoliennes sur la santé. L'OMS et l'Anses recommandent donc de mettre en œuvre des études épidémiologiques portant sur un nombre important d'individus, utilisant des mesures objectives de l'état de santé des participants, et mesurant l'exposition au bruit des éoliennes de manière objective et standardisée pour un large éventail de niveaux et de fréquences (en incluant les sons de basse fréquence ou SBF) [2-3].

Cependant, plusieurs verrous restent à lever avant la mise en place d'une telle étude en France.

Le premier verrou concerne l'estimation de l'exposition au bruit audible produit par les éoliennes. En effet, la qualité des études épidémiologiques évaluant les risques liés aux expositions environnementales repose en partie sur la qualité de l'estimation ou de la mesure de l'exposition des participants. Cependant, lors d'une étude épidémiologique à grande échelle, compte tenu de leur coût, réaliser des mesures de bruit chez un grand nombre de riverains ne

sera pas envisageable et il sera alors nécessaire de faire appel à des modèles de prévision du bruit. Or, il n'existe pas de modèle de prévision du bruit éolien audible faisant consensus et il est nécessaire de fournir des éléments de validation pour permettre d'identifier le modèle le plus pertinent.

Le second verrou concerne le décompte du nombre de personnes exposées au bruit des éoliennes. Contrairement à d'autres sources de nuisances sonores (infrastructures de transports, par exemple), les parcs éoliens sont généralement construits dans des zones faiblement peuplées, notamment en raison de la réglementation qui impose une distance minimale d'implantation de 500 mètres de toute habitation. Par conséquent, le nombre de personnes potentiellement exposées au bruit émis par les éoliennes semble *a priori* moins important que le nombre de riverains exposés au bruit des avions ou au bruit routier, par exemple. Or pour pouvoir mettre en évidence, de façon statistiquement rigoureuse, une association entre un état de santé et le niveau de bruit éolien, si une telle association existe, il faudrait tout d'abord parvenir à recruter un nombre suffisant d'individus exposés à différents niveaux de bruit relativement contrastés. Il est donc nécessaire de pouvoir estimer le nombre de personnes exposées à différents niveaux de bruit éolien à l'échelle d'un pays entier, ce qui n'a jamais été fait en France.

Dans ce contexte, une étude de faisabilité a été conduite en France entre 2017 et 2019. L'objectif est de proposer une méthodologie de calcul du bruit éolien audible et de déterminer le nombre de riverains exposés à différents niveaux de bruit d'éoliennes.

## **Méthodes**

### **Choix et validation d'un modèle de prévision du bruit éolien**

Afin d'estimer l'exposition au bruit produit par les éoliennes, il est nécessaire de choisir un modèle de prévision du bruit éolien et de fournir des éléments de validation de ce modèle.

Ce dernier a été sélectionné à partir d'une étude bibliographique sur la base des critères suivants indispensables dans le contexte du bruit produit par les éoliennes : capacité à prendre en compte une source sonore élevée (hauteur d'au moins 60m), la topographie, les effets météorologiques (vitesse et direction du vent, température) et les effets du sol sur la propagation acoustique, et possibilité de paramétrer la puissance acoustique de la source en fonction de la vitesse de vent. Les incertitudes du modèle retenu ont ensuite été estimées en comparant les résultats issus de la modélisation numérique et des mesures *in situ*. Pour cela, une campagne expérimentale a été réalisée à proximité d'un parc éolien dont les caractéristiques sont représentatives de la grande majorité des parcs éoliens français [4].

Comme les conditions météorologiques peuvent avoir des effets importants sur la propagation à longue distance du bruit extérieur [5], entraînant une diminution ou une augmentation des niveaux de bruit dans les habitations, deux conditions de propagation représentatives des conditions météorologiques de jour et de nuit ont été considérées.

### **Estimation de l'exposition au bruit des éoliennes**

Le modèle de prévision du bruit sélectionné a ensuite été utilisé pour réaliser une cartographie sonore de tous les parcs éoliens à l'échelle du territoire de la France métropolitaine.

La position géographique précise de chaque éolienne, sa hauteur et sa puissance acoustique en fonction du vent ont été obtenues en croisant une base de données obtenue auprès de [www.thewindpower.net](http://www.thewindpower.net) (base de données la plus complète disponible au début de cette recherche en 2017) et une base de données topographiques (BDTOPO) de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

[Insertion Figure 1]

Les calculs des niveaux sonores avec le modèle choisi ont été effectués avec le logiciel de prévision du bruit dans l'environnement CadnaA de DataKustik. Le niveau sonore attribué à chaque bâtiment de la base de données BDTOPO autour de tous les parcs éoliens correspond

au niveau sonore devant la façade la plus exposée, et au maximum des niveaux sonores prédits pour huit directions de vent. Les expositions à des niveaux sonores inférieurs à 30 dBA ont été exclues car trop faibles pour être significatives.

### **Dénombrement du nombre de personnes exposées au bruit des éoliennes**

Les niveaux sonores des bâtiments ont été croisés à l'aide d'un logiciel SIG (QGIS) avec le nombre de personnes habitant à proximité des parcs éoliens fournis par la base nationale des fichiers d'occupation des sols MAJIC mise à jour en 2016. Seuls les bâtiments résidentiels ont été inclus dans le comptage. Ainsi, le nombre de personnes exposées au bruit des éoliennes pour les conditions de propagation diurne et nocturne a été déterminé à l'échelle de l'ensemble de la France métropolitaine, et de ses 13 régions administratives.

### **Comparaison de l'exposition au bruit des éoliennes avec celle à d'autres sources de bruit dans l'environnement**

Une comparaison de l'exposition au bruit des éoliennes avec celle au bruit des transports a été réalisée. Les données d'exposition au bruit des transports sont issues de calculs réalisés en 2017 [6] dans le cadre de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement [7].

## **Résultats**

Bien qu'il soit moins fréquemment utilisé que d'autres modèles d'ingénierie capables de gérer un territoire à grande échelle (par exemple ISO 9613-2 [8], NMPB-2008 [9] ou CNOSSOS-EU [10]), le modèle de prévision du bruit Harmonoise [11] a été retenu car il s'agit du seul modèle qui permet de prendre en compte tous les critères fixés, de façon suffisamment précise et détaillée, en particulier l'effet de la météorologie sur la propagation acoustique. Il est également adapté pour des sources placées à des hauteurs élevées. La comparaison des résultats du modèle avec les données expérimentales a permis de valider le choix de ce modèle.



En France métropolitaine, le nombre total de personnes exposées à des niveaux de bruit émis par des éoliennes supérieurs à 30 dBA est d'approximativement 686 000 personnes pour des conditions de propagation de jour et 722 000 personnes la nuit, soit environ 1% de la population française en 2017. Plus de 80% de la population exposée l'est à des niveaux inférieurs à 40 dBA.

[Insertion Figure 2]

La majorité de la population exposée à plus de 30 dBA se situe dans les Hauts de France (40%). Une très grande majorité de la population exposée se trouve dans le Nord de la France : la Bretagne, le Grand-Est, la Normandie et les Hauts-de-France regroupent plus de 75% de la population exposée.

[Insertion Figure 3]

À l'exception de la Corse et PACA, pour toutes les autres régions, la majorité des personnes exposées le sont à des niveaux inférieurs à 35 dBA.

[Insertion Figure 4]

En 2017, la nuit, en France métropolitaine, le nombre de personnes exposées à un niveau de bruit supérieur à 40 dBA est de 10 394 293 pour le bruit du trafic routier, 5 113 159 pour le bruit ferroviaire, 463 611 pour le bruit des avions, et 53 752 pour celui des éoliennes ; soit respectivement 15,0 %, 7,0 %, 0,7 % et 0,08 % de la population française de 2017.

## **Discussion**

Cette étude a pour objectif de proposer une méthodologie de calcul du bruit éolien et de recenser le nombre de riverains exposés à différents niveaux de bruit émis par les éoliennes. Ces deux verrous identifiés ont été levés. Un modèle de prévision du bruit éolien, le modèle Harmonoise, a été proposé et validé. Il a permis d'évaluer les niveaux de bruit pour l'ensemble des parcs éoliens de France métropolitaine. Des classes d'exposition ont ainsi pu être définies et le nombre de personnes dans chacune d'elles a pu être estimé.

Globalement, il faut retenir que comparativement à d'autres sources de bruit (les transports notamment), l'exposition au bruit des éoliennes est très modérée, avec plus de 80% de la population exposée qui l'est à des niveaux inférieurs à 40 dBA. Le nombre total de personnes exposées à plus de 30 dBA est d'environ 686 000 personnes pour des conditions de propagation de jour et 722 000 personnes la nuit, soit 1% de la population française en 2017 et la majorité d'entre elle se situe dans le Nord de la France.

Le fait que la proportion de personnes exposées au bruit des éoliennes soit beaucoup plus faible (0,08%) que celle exposées au bruit des transports (15% pour le bruit routier, 7% pour le bruit ferroviaire et 0,7% pour le bruit aérien) peut s'expliquer par différents facteurs : i) le nombre beaucoup plus faible de parcs éoliens sur le territoire métropolitain, par rapport aux infrastructures de transport, ii) l'installation de parcs éoliens dans des zones rurales où la densité de population est plus faible, iii) des niveaux sonores au niveau des habitations qui sont plus faibles pour les éoliennes, et enfin iv) des distances entre les habitations et les sources de bruit qui sont plus grandes pour les éoliennes en raison de la législation française sur l'implantation des parcs éoliens qui impose des distances supérieures à 500m entre des habitations et un parc éolien.

Les distributions des niveaux sonores entre les régions ont été comparées afin d'étudier les spécificités régionales de l'exposition au bruit des éoliennes. Des disparités pourraient par exemple exister si, par exemple, les éoliennes étaient plus bruyantes ou plus proches des habitations dans certaines régions. À l'exception de la Corse et PACA, ces distributions semblent très similaires d'une région à l'autre. De plus, pour presque toutes les régions, l'exposition sonore de la majorité des personnes exposées est comprise entre 30 dBA et 35 dBA. Les cas de la Corse et de PACA sont marginaux compte tenu du faible nombre de personnes exposées pour ces régions.

La méthodologie d'évaluation de la population exposée au bruit des éoliennes mise en œuvre présente certaines limites. Le nombre de personnes exposées est susceptible d'avoir été surestimé car les niveaux sonores ont été estimés en considérant i) une vitesse de vent constante correspondant au fonctionnement nominal des éoliennes, comme si elles étaient constamment en fonctionnement tout au long du jour ou de la nuit, ii) l'exposition sonore basée sur le niveau sonore maximal parmi tous les niveaux sonores prédits pour les différentes directions du vent, iii) le niveau sonore de la façade la plus exposée de chaque habitation, iv) les conditions météorologiques correspondant à des conditions favorables pour la propagation du son. À l'inverse, si la base de données [www.thewindpower.net](http://www.thewindpower.net) était la base disponible la plus complète en France en 2017, en attendant la base de données exhaustive que le ministère de l'Environnement est en train de construire et qui devrait être accessible en 2022, son exhaustivité n'est pas parfaite et des parcs éoliens manquants pourraient être une cause de sous-estimation du nombre de résidents exposés dans cette étude.

Une comparaison entre la capacité électrique éolienne nationale issue de la base de données et d'autres sources de données [12,13] a montré que la sous-estimation est néanmoins limitée puisque la base de données contient 94% de la capacité installée à la mi-2017.

La croissance du parc éolien français depuis 2017 constitue une source probable de sous-estimation de l'exposition en 2022. Malgré cela, les résultats présentés restent utiles pour 2022 car ils fournissent des ordres de grandeurs d'exposition des populations au bruit éolien permettant d'envisager une étude épidémiologique.

La méthodologie proposée dans cet article pourrait être améliorée. L'introduction de statistiques annuelles sur la vitesse et la direction du vent pour chaque région dans le processus de calcul pourrait fournir une exposition sonore plus réaliste pour les périodes diurnes ou nocturnes. Une étude de l'exposition au bruit à basse fréquence pourrait également être réalisée. Une mise à jour de ce travail est en cours dans le cadre de la préparation d'une étude épidémiologique

prévue dans le projet RIBEOlH qui sera mené en France dans les prochaines années pour étudier l'impact du bruit émis par les éoliennes sur la santé humaine et la gêne [14], et dont les résultats fourniront des informations utiles aux pouvoirs publics pour évaluer si la réglementation concernant les éoliennes doit être adaptée ou non.

## **Conclusion**

Les résultats présentés ici constituent la première évaluation de l'exposition des populations au bruit produit par les éoliennes en France métropolitaine. Ils vont permettre de mettre en place, auprès de participants exposés à des niveaux de bruit éolien contrastés, une étude épidémiologique visant à évaluer les effets sur la santé du bruit émis par les éoliennes et de mieux comprendre la gêne exprimée.

## **Remerciements**

Les auteurs remercient l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail pour son financement.

## **Financements**

La présente étude a été financée par l'Ifsttar (désormais Université Gustave Eiffel), le Cerema et par une subvention apportée par le Programme Environnement-Santé-Travail de l'Anses avec le soutien des ministères chargés de l'écologie et du travail (EST-2016/1/007).

## **Liens d'intérêts**

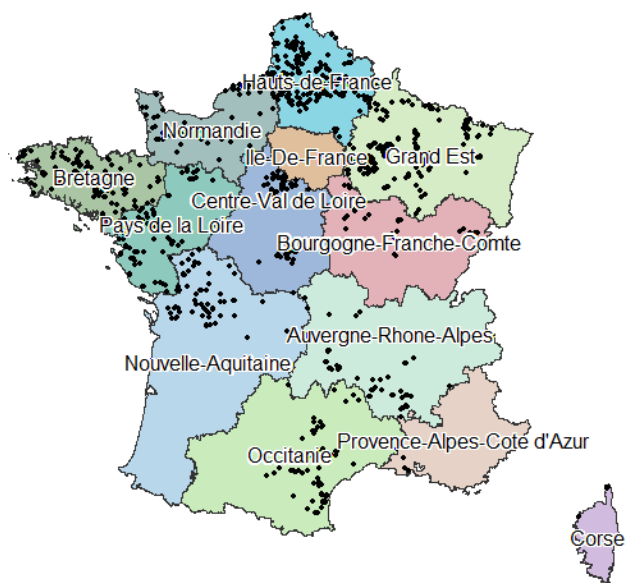
Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

## Références

- [1] Van Kamp I, et van den Berg, F. Health effects related to wind turbine sound: an update. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, 9133 (2021).
- [2] OMS. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhagen, Denmark: Organisation mondiale de la santé Europe (2018).
- [3] Anses. Évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens : Saisine 2013-SA-0115 : avis de l'ANSES. Rapport d'expertise collective, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (Anses), 304 pages (2017).
- [4] Écotière D, Kayser B, Gauvreau B, Lebourdat C, Bruneau F, Guillaume G, Lefèvre, H, Gary V, Demizieux P. Émission et propagation du bruit des éoliennes : constitution d'une base de données expérimentale de référence in: Actes Du Congrès Français d'Acoustique. 14e Congrès Français d'Acoustique, Société Française d'Acoustique, Le Havre, France (2018).
- [5] Attenborough K, Li K, Horoshenkov K. Predicting outdoor sound. Taylor & Francis, London (2007).
- [6] Reported data on noise exposure covered by Directive 2002/49/EC, European Environment Agency (EEA), <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-on-noise-exposure-7> (accessed on 01-12-2021).
- [7] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and man-agement of environmental noise.
- [8] Standard ISO 9613-2:1996, Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: General method of calculation. International Organization for Standardization, Genève, Swiss, 1996.
- [9] Dutilleux G, Defrance J, Ecotière D, Gauvreau B, Bérengier M, Besnard F, Duc EL. NMPB-routes-2008: The revision of the french method for road traffic noise prediction. *Acta Acustica united with Acustica* 96, 452–462 (2010).

- [10] Kephelopoulos S, Paviotti M, Anfosso-Lédée F. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU), EUR 25379 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 180 pp. European Commission Joint Research Centre, Institute for Health and Consumer Protection, Ispra, Italy (2012).
- [11] Salomons E, van Maercke D, Defrance J, de Roo F. The Harmonoise Sound Propagation Model. *Acta Acustica united with Acustica*, 97, 62-74 (2011).
- [12] Panorama de l'électricité renouvelable au 30 septembre 2017. RTE, SER, Enedis, ADEeF, 2017. <https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-06/Panorama%20de%20l%27%C3%A9lectricit%C3%A9%20renouvelable%20au%2030%20septembre%202017.pdf> (accessed on 01-12-2021)
- [13] STAT INFO Energie - Tableau de bord : éolien – Troisième trimestre 2017, Ministry of the Ecological Transition, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publicationweb/60> (accessed on 01-12-2021)
- [14] Evrard AS, Avan P, Champelovier P, Cotté B, Écotière D, Gauvreau B, Giorgis-Allemand L, Marquis-Favre C, Meunier S. Research on the impacts of wind turbine noise on humans: sound, perception, health (RIBEoIH). In: Proc. 13th IC BEN International Congress on Noise as a Public Health Problem, Stockholm, Sweden (2021).

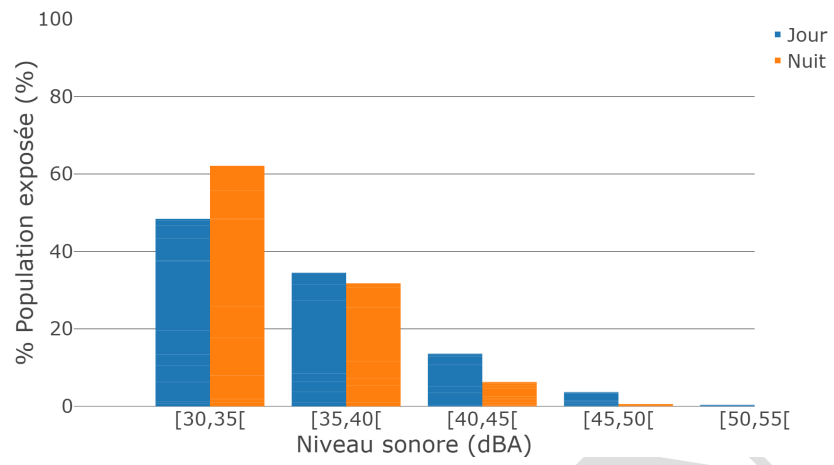
**Figure 1 : Localisation des parcs éoliens de France métropolitaine (2017)**



(2017, [www.thewindpower.net](http://www.thewindpower.net))

POST-PRINT

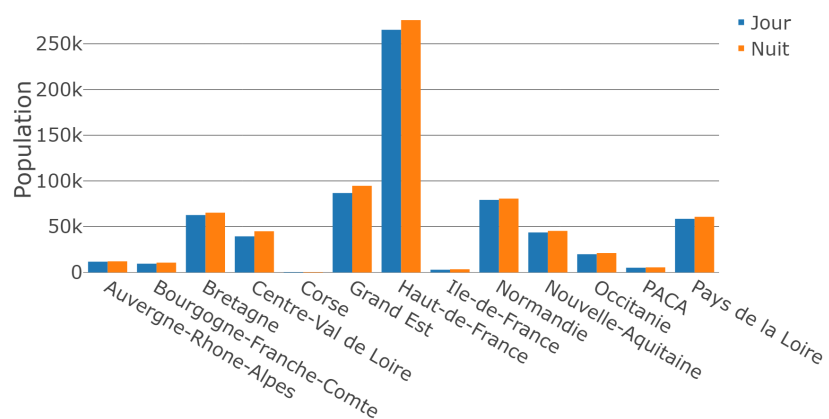
**Figure 2 : Répartition de la population exposée dans chaque classe de bruit éolien  
(conditions de propagation diurne et nocturne)**



POST-PRIMA



**Figure 3 : Répartition régionale des populations exposées au bruit des éoliennes  
(conditions de propagation diurne et nocturne)**



POST-PRON

**Figure 4 : Répartition régionale des populations exposées dans chaque classe de bruit éolien (conditions de propagation diurne et nocturne)**

